

Rapport nr.: 96.027		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Sand-og grusundersøkelser på Gardermoen, Ullensaker kommune			
Forfatter: Knut Wolden		Oppdragsgiver: Ullensaker kommune, NGU	
Fylke: Akershus		Kommune: Ullensaker	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1915-2 Ullensaker	
Forekomstens navn og koordinater: Gardermoen		Sidetall: 50	Pris: kr.130
Feltarbeid utført: Oktober 1995		Rapportdato: 15. februar 1996	Prosjektnr.: 67.2633.03
Ansvarlig:			
<p>Sammendrag:</p> <p>NGU har etter henvendelse fra Ullensaker kommune utført oppfølgende undersøkelser for å kartlegge utbredelse og volum av sand- og grusavsetningen på Gardermoen. Det har spesielt vært viktig å kartlegge de grove grus- og steinrike delene av avsetningen. I undersøkelsene er det benyttet boremaskin for sondering og prøvetaking. I tillegg er resultatene fra tidligere undersøkelser sammenstilt og benyttet i konklusjonene.</p> <p>Resultatene viser at de grove massene er mektigst nord i forekomsten. Her er det grove topplaget 10 - 12 meter, i de midtre delene 5 - 6 meter og i syd varierende fra 1 - 4 meter.</p> <p>Totalt innenfor undersøkelsesområdene er volumene beregnet til vel 93 mill. m³. Av dette er 27 mill. m³ vurdert som grove grus- og steinrike masser egnet for knusing. For å sikre grunnvannsmagasinet mot forurensing er det satt igjen en buffersone på 4 m. Dette utgjør 39 mill. m³.</p> <p>I de prioriterte delområdene er det i delområde 3 ca. 50 mill. m³, hvorav 14 mill. m³ er grove masser. Delområde 9 inneholder til sammen 5,3 mill. m³ og av disse er 1,8 mill. m³ grove masser egnet for knusing. I delområde 13 er det beregnet å være 4,3 mill. m³ hvor 1,4 mill. m³ utgjør grove masser.</p> <p>I delområdene 5, 6, 7, 8 og Vilbergleiren er det vel 11 mill. m³ grovt materiale egnet for knusing.</p> <p>Ressursregnskapet for sand, grus og pukk for årene 1993 og 1994 viser at det er en reduksjon på ca. 40 % i uttakene i forhold til tilsvarende undersøkelser i 1986 og 1988. Disse årene var andelen sand og grus brukt til vegformål 65 % og 67 %. For 1993 og 1994 er denne andelen sunket til 55 % og 51 %. Dette er i tråd med tendensen på landsbasis der knust fjell har en økende markedsandel til vegformål.</p> <p>Med dagens uttakshastighet og uttaksmønster vil ressursene innen de undersøkte områdene vare i over 100 år. Tendenser i 1995 tyder imidlertid på at de årlige uttaksmengdene vil øke i åra fremover. En øking på 50 % vil redusere ressursens varighet til ca. 70 år.</p>			
Emneord:	Betongformål	Volum	
Byggeråstoff	Vegformål	Løsmasser	
Sand og grus	Mektighet	Fagrapport	

INNHold

FORORD	5
1. KONKLUSJON	6
2. GJENNOMFØRING	8
3. FORUTSETNING	8
4. BOREHULL- OG SNITTBESKRIVELSER	9
5. DELOMRÅDENE	11
5.1 Delområde 3.	11
5.2 Delområde 9	12
5.3 Delområde 13	13
5.4 Delområde 5	13
5.5 Delområde 6	13
5.6 Delområde 7	14
5.7 Delområde 8	14
5.8 Vilberg leir.	14
5.9 Industriområde 1.	15
5.10 Industriområde 2.	15
6. RESSURSREGNSKAP	17
7. RESSURSENS VARIGHET	21
8. LITTERATUR	23

KARTBILAG

Tegning 96.027.01 Gardermoen. Sand- og grusundersøkelser, dokumentasjonskart
Tegning 96.027.02 Gardermoen. Volumberegnete delområder

VEDLEGG

1. Standardvedlegg. Sand-, grus- og pukkundersøkelser

FORORD

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har etter henvendelse fra Ullensaker kommune kartlagt utbredelsen og mektigheten på sand- og grusforekomstene på Gardermoen. Arbeidet er utført for å gi kommunen et bedre grunnlag i arbeidet med forvaltningsplaner for disse ressursene. Undersøkelsene har vært konsentrert i området mellom den nye østlige flystripa, E6, Hauerstederdeltaets iskontaktskråning og nyvegen til flyplassen. Det er viktig å få kartlagt ressursene i dette området da det i dag skjer store uttak fra flere massetak, og fordi man forventer stor interesse for arealene som utbygningsområder i forbindelse med etableringen av ny hovedflyplass. I denne rapporten presenteres resultatene og konklusjonene fra undersøkelsene.

Trondheim 15 februar 1996

Peer.-R. Neeb
hovedprosjektleder
sand, grus, pukke og naturstein

Knut Wolden
avd.ing

1. KONKLUSJON

Under isavsmeltingen etter siste istid gjorde isfronten flere opphold under tilbakesmeltingen. Et hovedopphold på Østlandet skjedde da isfonten lå ved Hauer seter (Hauer setertrinnet) Her lå isen over lang tid og store smeltevatnsmengder brakte med seg løsmasser som ble avsatt foran isfronten der vannstrømmene møtte havet. På den måten ble de to store deltaene ved Li og Trandum bygd opp. I nord ble deltaet bygd opp til 10 m over datidens havnivå som ved Hauer seter var 205 m o.h. De groveste massene, som stein og blokk, ble avsatt nærmest isen, mens grus, sand, silt og leir ble ført lenger utover før det ble avsatt. Deltaet bygde seg opp ved at stadig nye lag med varierende innhold av sand, grus og stein la seg over gamle.

Gardermoavsetningen er typisk for slike delta og har en avtagende kornstørrelse mot dypet og i avstand fra brefronten. Variasjon i hvor breelvene munnet ut, vannmengde og strømningshastighet gjør at kornstørrelsene varierer både i dybde og avstand fra brefronten. Skrålagene ble bygd opp til havnivået, og nærmest isen også over dette. Disse massene er grove og dårligere sortert enn ellers på deltaet.

I de nordlige delene av det undersøkte området har det grove topplaget en mektighet på 10 - 12 meter og inneholder grov grus, stein og blokk. I de sentrale delene avtar mektigheten til ca. 5 meter med grus og steinige masser, og i syd består massene av sand og grus varierende fra 1 til 3-4 meter.

I dag drives det uttak hovedsakelig av de grove grus -og steinrike massene i topplaget. Disse knuses og brukes vesentlig til vegformål, men en del grove masser benyttes også som grovt tilslag i betongproduksjon. Massenes egenskaper til tekniske formål er ikke vurdert i denne undersøkelsen, men tidligere resultater fra NGU og fra Statens vegvesen, gir kvalitet i steinklasse 3. Massene kan brukes som forsterknings- og bærelag på alle typer veier. Massene kan også brukes til asfalt, men har sin begrensning på veier med høy trafikkbelastning.

Under det grove topplaget består massene av sand og grusig materiale med gode egenskaper som tilslag i betong. En del sand og grus blir brukt til dette formålet. Ved knusing og sikting, for å få en optimal kornfordeling, kan tilslaget tilfredsstille de aller fleste krav til betongkvaliteter. Bergartssammensetningen kan imidlertid gi alkalireaksjoner. Dette må man være oppmerksom på ved produksjon av betong for bruk i fuktige miljøer som til broer, dammer m.m.(se standardvedlegg).

Utgangspunktet for undersøkelsene var tre prioriterte delområder. I tillegg er fire andre områder som er viktige i forvaltningen av sand- og grusressursene i kommunen vurdert. Det samme er også Vilbergleiren og de to områdene som i kommuneplanen er lagt ut som industriområder, tegning 96.027.01.

Innen delområdene er arealene beregnet med planimeter til totalt å være ca. 7 600 daa., Av dette er ca. 710 daa. massetaksareal hvor de grove massene er tatt ut. Industriområdene utgjør ca. 770 daa. Dette gir 6 000 daa. teoretisk tilgjengelig for masseuttak.

Innen de prioriterte områdene er område 3 beregnet å inneholde totalt ca. 50 mill. m³, tabell 1. Av dette er 14 mill. m³ grove masser egnet for knusing. Område 9 inneholder 4,3 mill. m³,

hvorav 1,8 mill. m³ er grove masser egnet for knusing. Område 13 inneholder totalt 4,3 mill. m³ og av dette er 1,4 mill. m³ grovt materiale.

Innenfor områdene 5, 6, 7 og 8 er det resterende volumet beregnet til ca. 4,1 mill. m³, 8,4 mill. m³, 3,8 mill. m³ og 3,2 mill. m³. Av dette er henholdsvis 220 000 m³, 2,1 mill. 1,5 mill. og 1,1 mill. m³ grove masser egnet for knusing.

Vilbergleiren inneholder 6,5 mill. m³. Av dette er 2 mill. m³ grove grus- og steinige masser egnet for knusing til vegformål.

Industriområde 1 er beregnet å inneholde 5,3 mill. m³ og industriområde 2, 4 mill. m³. Den grove delen av dette er henholdsvis 1,8 og 1 mill. m³.

De undersøkte delområdene inneholder til sammen ca. 93 mill. m³. Av dette er ca 27 mill. m³ vurdert som grove masser egnet for knusing til vegformål eller som grovt tilslag i betongproduksjon. Dette er store volum med kvalitetsmessig gode masser. Likevel er det viktig ikke å sløse med ressursene, men bruke de til kvalitetskrevede formål.

Under de grove massene er det ca. 27 mill. m³ som hovedsakelig består av sand med varierende gradering og innhold av grusige masser. Stedvis og helst på større dyp forekommer også noe silt. Deler av disse massene kan benyttes som fint tilslag i betong. Det er imidlertid ikke mulig å kvantifisere dette på bakgrunn av disse undersøkelsene.

For å sikre det underliggende grunnvannsmagasinet mot forurensing er det beregnet en buffersoner på 4 m. Denne sonen utgjør et volum på 39 mill. m³.

Materialtype	Område 3	Område 9	Område 13	Område 5	Område 6	Område 7	Område 8	Vilberg Leir	Industri 1	Industri 2	Volum materialtype
Grovt tilslag	14	1,8	1,4	0,2	2,1	1,5	1,1	2	1,8	1	26,9
Fint tilslag	20	1,8	1,6	1,3	4,8	1,5	1,7	3,3	1,7	1,7	39,4
Buffersoner	16	1,7	1,3	0,7	1,5	0,8	0,7	1,2	1,8	1,8	27,5
Totalt volum	50	5,3	4,3	2,2	8,4	3,8	3,5	6,5	5,3	4,5	93,8

Tabell 1. Volum i mill. m³ av materialtyper i delområdene

Ressursregnskapet viser at det er en betydelig reduksjon i uttakene i 1993 og 94 i forhold til i 1986 og 1988 (36-42 %). Andelen av uttatte masser brukt til vegformål er redusert 10-17 %, mens andelen til betong og andre formål er økt. Det har også vært en reduksjon i eksporten av masser ut av kommunen.

Med dagens uttakshastighet og uttaksmønster vil massene innen undersøkelsesområdet vare over 100 år. Man forventer imidlertid en øking i uttaksmengden i åra framover. Det er rimelig å anta at denne kan bli ca. 50 %, noe som reduserer ressursenes levetid til ca. 70 år.

I tillegg til de undersøkte områdene vil man kunne ta ut tilsvarende 10 års forbruk på østsiden av E 6 dersom den alternative vernegrensen følges. Innen de to industriområdene er det også beregnet masser tilsvarende 10 års uttak. Dette vil gå tapt dersom områdene bebygges.

Det er i dag fullt mulig å starte istandsettingen av massetaksonråder hvor det ikke lenger er drift. Dette medfører at foredlingsanlegg må flyttes, noe som er et økonomisk spørsmål. I gevinst vil man få kortere transportavstander fra uttaksstedet til produksjonsstedet. Det bør derfor innledes en dialog mellom kommunen og grusprodusentene om hvordan dette kan gjøres. For massetak hvor det ikke lenger er uttak er istandsettingen et spørsmål om ansvarsforhold og økonomi. I planleggingen og gjennomføringen av slike tiltak er det aktuelt å trekke inn ekspertise i form av landskapsarkitekter.

2. GJENNOMFØRING

Det er gjennomført flere undersøkelser av breelavsetningen ved Gardermoen, både med hensyn til sand, grus og grunnvannsressursene, og i de senere åra grunnundersøkelser i forbindelse med utbyggingsprosjekter. I denne undersøkelsen er en del av de tidligere arbeidene sammenstilt og brukt i konklusjonene. I undersøkelsen er det benyttet boremaskin for sonderboring og prøvetaking for å undersøke mektigheten på de grove grus- og steinrike massene.

Det er utført 160 m sonderende boringer med Borros selvgående boremaskin, boret 100 m for prøvetaking og tatt 13 prøver for visuell vurdering på dyp fra 4 til 14 m. Videre er kornstørrelse og sammensetning vurdert i alle massetak og i nye skjæringer og snitt.

Borepunkter og prøvepunkter med referansenr. til denne og andre undersøkelser er tegnet inn på økonomisk kart i målestokk 1:10 000, tegning 96.027.01. Borprofilene til årets undersøkelser er vist på kartutsnittet. For de øvrige undersøkelsene henvises til litteraturliste

3. FORUTSETNING

Undersøkelsene har gitt grunnlag for å vurdere de totale mengder og mektigheten på de grove massene med rimelig nøyaktighet. Det ligger imidlertid mange feilkilder i forutsetningene for arbeidet som man må være oppmerksom på.

Arealene er beregnet med planimeter på papirkopier av nedfotograferte økonomiske kart til M 1:10 000. Nye avgrensinger av massetakene er tegnet inn etter øyemål uten nøyaktige målinger. Grunnvannsnivåene er hentet fra hydrogeologisk kart i målestokk 1:20 000. Høyeste maksimale grunnvannstand er i vurderingene og på kartutsnittet justert opp med 2 m i forhold til hva det originale kartet viser (Østmo pers. medd.).

Det økonomiske kartgrunnlaget har en ekvidistanse på 5 m, og det hydrogeologiske kartet 2 m. I rapporten er mektighetangivelsene basert på gjennomsnittsnivå, både på terrengoverflaten og grunnvannsnivået. Tallene må derfor betraktes som cirkatall. I praktisk drift av masseuttak må nivåene og terrengoverflaten nivelleres nøyaktig inn for å ha kontroll

med grunnvannsnivåets beliggenhet. I rapporten er buffersonen over grunnvannet satt til 4 m. Dette kan muligens avvikes ved nøyaktig analysering av kornfordelingen.

Massene på større dyp er vurdert ut fra sonderende boringer, se standardvedlegg. Nøyaktig klassifisering av egenskapene til tekniske formål kan bare gjøres gjennom undersøkelser av mekaniske egenskaper, kornfordelingsanalyser, bergarts- og mineralinnhold og for betongtilslag også prøvestøpinger. De vurderingene som er gjort i rapporten kan ikke dokumenteres gjennom slike analyser, men er basert på resultater fra tidligere undersøkelser og dagens bruk av massene. Størst usikkerhet ligger i vurderingen av massene under det grove topplaget. Disse massenes egenskaper som betongtilslag kan bare bekreftes gjennom foran nevnte undersøkelser og analyser. Vurderingene må derfor ses på som orienterende. Volumene er beregnet vertikalt fra avgrensingen. I praksis vil en måtte sette igjen masser minimum tilsvarende den naturlige rasvinkelen for sand og grus (ca. 30°) mot naboavgrensingen. Ved rehabilitering av et uttaksområde, er det ofte ønskelig med enda slakkere skråninger.

4. BOREHULL- OG SNITTBESKRIVELSER

Det er boret 16 borehull med dybder fra 8 til 20 meter innenfor undersøkelsesområdet. I massetak og skjæringer er det beskrevet 9 snitt. 9 boringer eller prøvegroper fra tidligere undersøkelser utført av NGU er vurdert sammen med undersøkelser fra Kolo og Statens vegvesen.

I Icopals grustak er det i snitt 1 målt 11 meter med grovt grus- og steinrikt materiale i veksling med lag av sand- og fingrus. Fra 11 til 13 meter er det sand og fingrus over sand og grus med noe stein på 16 meters dyp. Under dette nivået består massene hovedsakelig av sand, tegning 96.027.01.

Borehull 1 er boret innenfor Vilbergleiren i de mektigste områdene nord på forekomsten. Høyden over havet er 112 meter og hullet er boret til 20 meter. Profilet viser grove grus- og steinige masser til 6 meter. Videre følger grusig sand til 11 meter hvor det er innslag av grovere gruslag. Fra 14 meter består massene overveiende av sand med gruslag av varierende mektighet.

I området ved Ringbanen viser borehull 2, 3, 4, 5, 6, 7 og 8 grov grus og steinig materiale til rundt 5 meter. Under dette består massene av sand med varierende innhold av grus og sporadisk stein.

Prøvepunkt 5 fra tidligere undersøkelser er en traktorgravd prøvegropp med grov grus og steinig materiale med noe blokk i de øverste 2,5 meterne. Deretter er det grus og stein til ca. 4,5 meter og videre knapt en meter sand før hullet ble avsluttet mot grovt materiale ved vel 5 meter.

Prøvepunkt 6 er en tilsvarende prøvegropp med tilsvarende forløp. Grove masser til 4 meter, deretter en sandpakke på ca. 1,5 meter før hullet ble avsluttet mot et lag av stein ved 6 meters dyp.

Prøvepunkt 7 ligger litt utenfor undersøkelsesområdet. Dette er en traktorgravd prøvegropp med varierende lag av sand og grus, stedvis også noe stein ned til 5 meter. Fra bunnen av prøvegroppa er det boret med skovlbor til 10 meter i sand, hvor det ble påtruffet stein og boringen ble avsluttet.

Rett nord for prøvepunkt 7 viser snitt 8 et profil i vannledningsgrøfta langs den nye rullebanen. Grøfta er ca. 4 meter dyp og materialet består av grusig sand med noe stein i enkelte lag.

Snitt 2 er en beskrivelse av sydveggen i Grefsruds massetak ved Vilberg. Massene består av 8 meter grus- og steinig materiale. Under dette er det en sandpakke med over 5 meters mektighet.

Snitt 3 er i Fladbys nye massetak. Her består massene av vekslende lag sand, grus og stein til 10 meters dybde.

I Icopals nye uttak, snitt 4, består massene av grov grus og stein med en god del blokk ned til 7 meters dyp, som er sålen i massetaket. Deretter viser prøvegropp gravd med gravemaskin ca. 1,5 meter grusig sand over 0,5 meter grus og stein. Under dette er det sand til prøvegroppas bunn 3,5 meter under sålen i massetaket.

I Statens vegvesens nye massetak, snitt 5, består massene av 7 meter grov grus og steinig materiale. Deretter er det sand til sålen av massetaket som ligger på 8 meter. Derfra er det gravd 4 meter med gravemaskin i tilsvarende sandige masser.

Prøvepunkt 12 fra tidligere undersøkelser, beskriver det gamle massetaket nord for jernbanelinja ved Vilberg. De 3 øverste meterne består av meget grovt, stein- og blokkrikt materiale. Deretter er det sand, grus og stein med enkelte blokker ned til 10 meter. De siste meterne ned til 15 meter består hovedsakelig av sand.

Snitt 6 i massetaket sør for jernbanelinja viser tilsvarende grove grus- og steinige masser til ca. 10 meters dyp. Deretter er det vesentlig sand.

Prøvepunkt 13 er en tidligere beskrivelse av det samme massetaket. Her er kornfordelingen beskrevet som 3 meter blokk- og steinrikt materiale med grus som mellommasse i toppen. Deretter kommer grusig stein med blokk og sand til vel 7 meter og vekslende lag med grusig sand, steinig grus og grusig sand til vel 16 meter. Derfra og til bunnen av massetaket på 21 meter er det sand.

Borehull 9 og 10 inneholder ca. 6 meter sand, grus og stein med enkelte blokk over sand med enkelte gruslag til 11 og 10 meter.

Borehull 11 og 12 har tilsvarende masser de første 6 meterne, men noe grovere grusige masser i området 8 til 10 meter.

Borehull 13 har grov grus og stein i de øverste 3 meterne. Deretter er det vesentlig sand med noen grusige lag til 8 meter.

I borehull 14 og 15 består massene av ca. 4 meter grus og stein med enkelte blokk. Derfra og til 9 meter består massene av sand med noen grovere grusige lag.

Borehull 16 viser et tilsvarende forhold de første 4 meterne, men har grovere grusige partier ned til ca. 12 meter. Fra 12 til 14 meter består massene av sand.

Prøvepunkt 18 er en traktorgravd prøvegropp fra tidligere undersøkelser. Her er det ca. 2 meter stein og grusførende sand over 1-2 meter grov, steinig grus med enkelte blokk. Deretter er det sand ned til knapt 5 meter som er bunnen av prøvegroppa.

Kolos undersøkelser fra 1987, prøvepunkt I - VII, og fra 1994, prøvepunkt 1 - 5 er prøvegropper gravd til ca. 4 meter. Resultatene viser at massene ned til dette dyp består av sand og grus med et varierende innhold av stein.

Statens vegvesens undersøkelser helt syd i området viser i øst hovedsakelig sandig materiale med varierende grusinnhold til 3 - 4 meter. Under dette er det sand. I prøvepunkt profil 1200 er det også påtruffet et grovere grus- og steinlag på 5 - 6 meters dyp.

5. DELOMRÅDENE

Arealene i de enkelte delområdene, tegning 96.027.02 og fig 1, er beregnet med planimeter og mektighetene på de grove massene egnet for knusing er vurdert på bakgrunn av boreprofilene, tegning 96.027.01. Høyeste grunnvannstand er brukt som en nedre grense ved volumberegningene. Denne grensen er to meter høyere enn grensene på det hydrogeologiske kartet Øvre Romerike M 1: 20 000 (S. R. Østmo pers. medd.)

5.1 Delområde 3.

Området har et areal på ca. 3920 daa, tegning 96.027.02. I vest og sør ligger området mellom 202 og 206 m o.h. Det maksimale grunnvannsnivået er i sør på ca 188 m o.h. og økende til 194 i nordvest.

I de sentrale områdene, fra Ringbanen mot sørøst, ligger terrengoverflaten på 208- 211 m o.h. I dette området ligger også grunnvannskillet med et maksimalt grunnvannsnivå på 192 m oh. synkende til 190 m oh. både mot nord og syd. Dette området er også best egnet for uttak av masser til tekniske formål.

Med en gjennomsnittlig mektighet på 12-13 m inneholder området totalt ca. 50 mill. m³. Boringene har vist et varierende innhold av grove, grus- og steinige masser ned til 8-10 m. Redusert for et område helt i sør på 420 daa, er det med en mektighet på 4 m, mulig å ta ut ca. 14 mill. m³ grove masser egnet for knusing til vegformål. Under dette er det mulig å ta ut sand og grus med ca. 5 m mektighet og et totalt volum på ca. 20 mill. m³. Ved foredling gjennom

knusing og sikting kan mye av disse massene egne seg som betongtilslag. I bunnen er det satt av en buffersone på 3-4 m over grunnvannsnivået. Dette utgjør ca. 16 mill. m³.

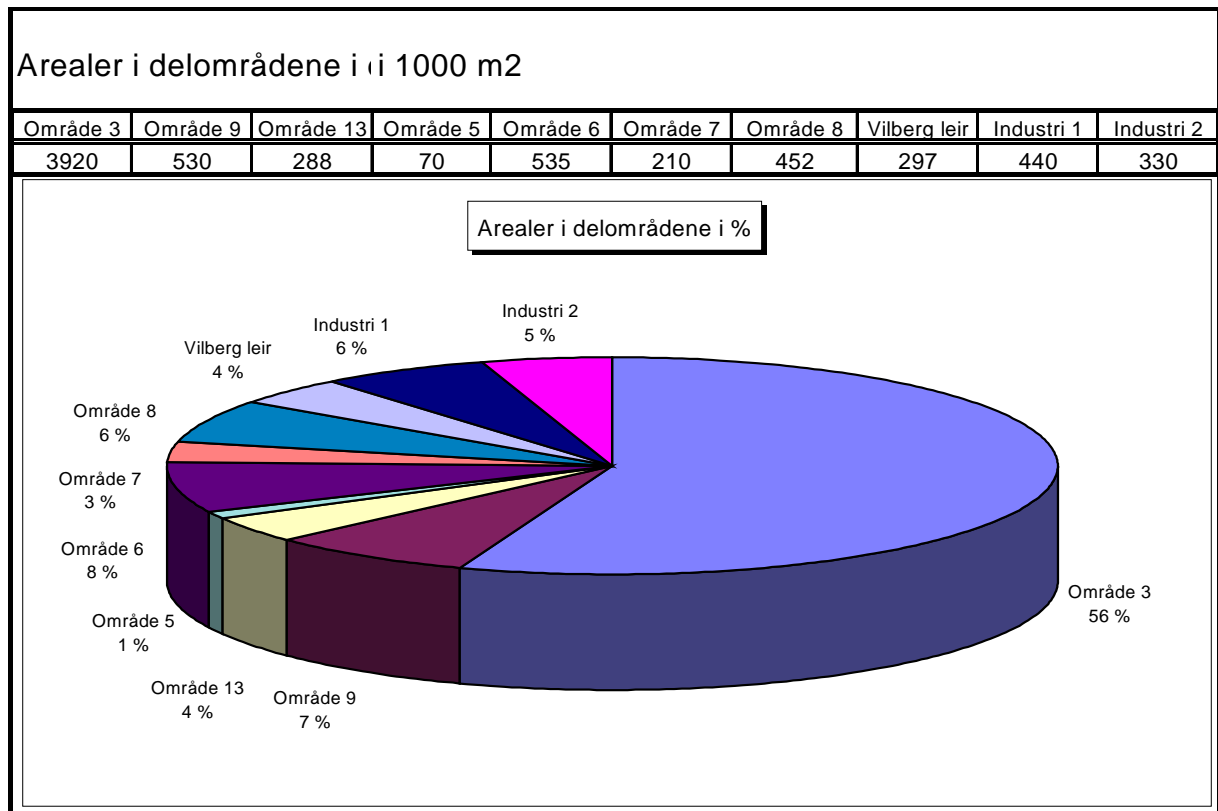


Fig. 1. Teoretisk uttagbare arealer i delområdene 1000 m² (daa)

5.2 Delområde 9

Område 9 har et areal på 530 daa. I sør er høyden 205 m o.h. økende til 210 m o.h. i nordøst. Grunnvannsnivået ligger på 195 m o.h. i sør, synkende til 193 i nord. Det tas ut masser fra området og massetaket er etter skjønn tegnet inn på kartet. Det er totalt ca. 4,3 mill. m³ masser innen området. Av dette bør de nederste 4 m med hovedsakelig sand ligge igjen som en buffersone over grunnvannet. Dette utgjør ca. 1,7 mill. m³.

Av utnyttbare masser er det i forlengelsen av massetaket mulig å ta ut 1,8 mill. m³ grus- og steinig materiale egnet for knusing til vegformål. De resterende massene utgjør ca. 800 000 m³ vesentlig sand, men stedvis også med noe grus. Deler av dette kan benyttes som fint tilslag til betong. Forutsetningen er at man gjennom sikting oppnår en tilfredsstillende kornfordeling. Eksakte svar på disse massenes egenskaper er vanskelig å gi før massene blottlegges. Dersom den øverste grove lagpakken også inngår i betongproduksjon, vil trolig det aller meste av de 800 000 m³ sandig materiale kunne benyttes til dette formålet.

5.3 *Delområde 13*

Området er tegnet inn på kartet på bakgrunn av tilsendt målebrev. Arealet er beregnet til 288 daa. I området ligger det maksimale grunnvannsnivået på ca. 192 m o.h og terrengoverflaten i området 205-210 m oh. Med en gjennomsnittlig på 207 m o.h. inneholder området totalt 4,3 mill. m³. Av dette er 1,4 mill. m³ til dels grove grus- og steinige masser egnet for knusing. Som en buffersone for beskyttelse av grunnvannsmagasinet må det settes igjen 1,3 mill. m³. De resterende massene utgjør ca. 1,6 mill m³ og består i det alt vesentligste av sand. Stedvis vil det imidlertid finnes lag av grovere grusige masser. Deler av disse massene kan ved tilpassing av siktekurven tilfredsstillende kravene til fint tilslag for betongproduksjon. For et komplett tilslag kreves det grovere masser. Til dette kan de grove massene i de øverste meterne benyttes, eller det kan hentes fra andre steder. Eksempelvis fra knust fjell.

5.4 *Delområde 5*

Området har et totalt areal på 70 daa. Av dette er 16 daa igjen for uttak under forutsetning av at massetaket er riktig inntegnet. Terrengoverflaten ligger 210 - 213 m oh. og grunnvannsnivået på 186 - 184 m oh. Massetaket viser at det er tildels grovt materiale i en mektighet på 14 m. Dette gir 220 000 m³ egnet for knusing. Under dette er det ca. 2 mill. m³ mer finkornig, sandig materiale. Av dette må 650 000 m³ ligge som en sikkerhetssone over grunnvannet. Ca. 3,3 mill m³ kan, dersom man ved sikting oppnår en tilfredsstillende kornfordeling benyttes som fint tilslag i betong.

5.5 *Delområde 6*

Hele området er beregnet til 535 daa. Av dette er allerede 140 daa, i området nord for vegen tatt ut. Av det resterende arealet på 395 daa er de grove massene tatt ut i de massetakene som finnes. Dette utgjør 135 daa. Massene er tatt ut ned til buffersonen over grunnvannsnivået i ett av massetakene, ca. 25 daa. Dette gir mulighet for uttak av grove masser innenfor et areal på 260 daa og sandige masser innenfor 370 daa.

Området ligger ca. 212 m o.h. og grunnvannsnivået fra 189 synkende til 184 m o.h. i nord. Med 8 m mektighet finnes det 2,1 mill. m³ grove masser egnet for knusing. Videre ned til grunnvannsnivået finnes det i en mektighet på 17 m ca. 6,3 mill. m³ vesentlig sandige materiale. Av dette bør 1,5 mill. m³ ligge igjen som en sikring av grunnvannet. Deler av de resterende massene på 4,8 mill. m³ kan dersom man oppnår en tilfredsstillende siktekurve benyttes som fint tilslag i betongproduksjon.

5.6 *Delområde 7*

Området er på 210 daa og terrengoverflaten ligger på 208 - 210 m o.h.. Grunnvannsnivået er på ca. 190 - 192 m oh. Med 18 m gjennomsnittlig mektighet finnes det totalt ca. 3,8 mill m³ innen delområdet. Av dette utgjør de øverste grove, grus- og steinige massene egnet for knusing ca. 1,5 mill. m³. For sikring av grunnvannet er det nødvendig å sette igjen en buffersone i bunnen. Med 4 m mektighet utgjør denne ca. 840 000 m³. De mellomliggende massene består hovedsakelig av sand med varierende innhold av grus og utgjør 1,5 mill. m³. Disse massene kan inngå som fint tilslag i produksjon av betong. Det er imidlertid en forutsetning at man oppnår en tilfredsstillende kornfordeling

5.7 *Delområde 8*

Dette området omfatter for en stor del Hovinmoen grustak. Det aller meste av de grove massene er tatt ut, og i den nordre delen er det startet rehabilitering av uttaksområdet ved at det blir fylt opp av finkornige overskuddsmasser fra den nye vegtraseen til flypassen. Inn mot jernbanesporet i nord, vegen i vest og i et lite område i sørøst er det masser igjen. Terrengoverflaten ligger på 210 m o.h. og grunnvannsnivået på 192 m o.h. i sør, synkende til 188 m o.h. i nordvest. Dette omfatter et areal på 160 daa. Totalt er det 3,2 mill. m³ igjen innenfor delområdet. Av dette er 1,1 mill. m³ grove grus- og steinige masser egnet for knusing. 650 000 m³ bør ligge igjen som en beskyttelse over grunnvannet og de resterende ca. 1,7 mill. m³, vesentlig sand, kan benyttes som fint tilslag til betongframstilling. Dette under forutsetning av at man oppnår en kornfordeling tilpasset et grovt tilslag fra andre steder, eller ved bruk av de grove stedege massene.

5.8 *Vilberg leir.*

På bakgrunn av tilsendt målebrev er arealet beregnet til 297 daa. Overflaten i området ligger på 210 - 213 m o.h., og har en mektighet over grunnvannsnivået på 20 - 24 m. Beregningene gir et volum på ca. 2 mill. m³ grove masser egnet for knusing. Under dette er det masser med varierende sammensetning. Sand er sannsynligvis den dominerende kornstørrelsen, men i partier vil det være lag med grovere masser. Disse massene utgjør et volum på ca. 4,5 mill. m³ hvorav 1,2 mill. m³ bør ligge som en buffersone over grunnvannet. Ca. 3,3 mill. m³ kan være aktuelt som fint tilslag til betong dersom man oppnår en tilfredsstillende kornfordeling.

5.9 *Industriområde 1.*

Her finnes det totalt 5,3 mill. m³ sand og grus over grunnvannsnivået. Mektigheten på de grove massene avtar mot sør, samtidig som innholdet av grov grus og stein minker. Området er likevel vurdert å ha omkring 1,5 mill. m³ sand og grusige masser hvor de grove massene kan knuses. Under dette er det overveiende sand som til dels er finkornig og ensgradert. Deler av dette kan muligens benyttes som fint tilslag i betong. Dette utgjør ca. 3,8 mill. m³. 1,8 mill. m³ bør ligge som en sikring over grunnvannet.

5.10 *Industriområde 2.*

Området inneholder knapt 4 mill. m³ sand og grus over grunnvannsnivået. KOLOs undersøkelser i den nordre delen viser at det stedvis er en del grove grus- og steinige masser. I sør viser boringer utført av Statens vegvesen at sand dominerer. Anslagsvis finnes det i underkant av 1 mill. m³ masser grove nok for knusing. Under dette ligger 3 mill. m³ sannsynligvis sand med varierende gradering og innhold av grus. De nedre 4 m utgjør 1,3 mill. m³ og bør være en sikkerhetszone over grunnvannet. Deler av de resterende 1,7 mill. m³ kan være egnet som fint tilslag i betong eller som fyllmasse.

DEL OMRÅDER	TOTALT VOLUM	GROVT TILSLAG	FINT TILSLAG	BUFFER-SONE
3	50	14	20	16
9	5,3	1,8	1,8	1,7
13	4,3	1,4	1,6	1,3
5	2,2	0,2	1,3	0,7
6	8,4	2,1	4,8	1,5
7	3,8	1,5	1,5	0,8
8	3,5	1,1	1,7	0,7
Vilberg leir	6,5	2	3,3	1,2
Industri 1	5,3	1,8	1,7	1,8
Industri 2	4	1	1,7	1,3

Tall i mill. m³

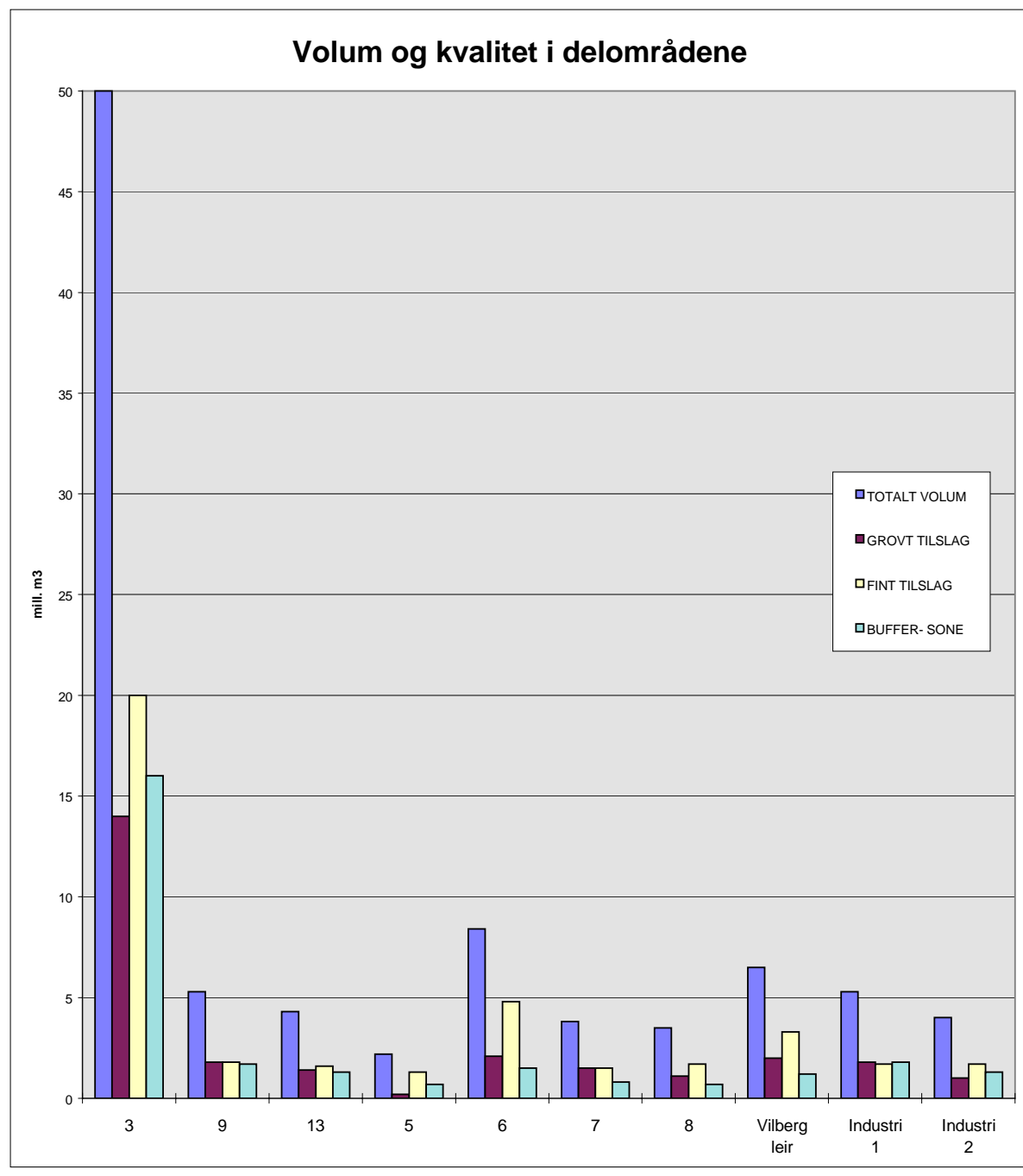


Fig. 2. Volum og kvalitet i delområdene i mill. m³.

6. RESSURSREGNSKAP

Det er utført ressursregnskap for sand, grus og pukk for å se på utviklingen i uttaksmengde og forbruksmønster siden 1986 (ressursregnskap for Romerike) og 1988 (ressursregnskap for Akershus fylke) da det tidligere ble utført slikt regnskap i kommunen. Årene 1993 og 1994 ble valgt for å unngå en forventet kortsiktig øking i uttaksvolum på grunn av utbyggingen av hovedflyplassen. I de aktuelle årene var det uttak av sand og grus fra fem uttaksteder. Det ble ikke registrert uttak og produksjon av pukk fra fast fjell. Uttak og masseforflytning innenfor flyplassområdet og pukkproduksjon fra Garderfjell i 1994 er ikke tatt med.

I 1993 og 1994 ble det tatt ut henholdsvis 242 000 m³ og 279 000 m³ sand og grus fra Gardermoavsetningen. Dette er en betydelig reduksjon sammenlignet med tilsvarende undersøkelser fra 1986 og 1988 da uttakene var på 413 000 m³ og 419 000 m³, fig 3. Flytdiagram for uttak og forbruk i 1993 og 1994 er vist i fig. 4 og 5.

Fordelingen mellom bruksområdene veg, betong og annet var for 1993 og 1994 ganske like. Av de uttatte massene ble 51 og 55 % benyttet til ulike vegformål. 20 henholdsvis 25 % ble anvendt i betongindustrien, mens 24 og 25 % er brukt til andre formål disse to årene.

I 1986 var forholdet mellom bruksområdene 65 % til vegformål, 14 % til betong og 21 % ble brukt til andre formål. I 1988 ble 67 % av de uttatte massene brukt til vegbygging og vegdekker, mens 14 gikk til betong og 19 til annen anvendelse.

I 1986 og 1988 ble det eksportert 37 % av de totale uttakene. For 1993 og 1994 er andelen masser eksportert ut av kommunen redusert til 34 og 32 %. Oslo var begge årene den største mottakeren av masser sammen med Lørenskog og Skedsmo, Tabell 2 og 3.

Tallene viser at det har vært en merkbar reduksjon i uttakene for vegformål. Dette er også i tråd med tendensen på landsbasis der knust fjell har tatt over for løsmasser i vegbyggingen. For betongformål har den prosentvise andelen av uttakene økt. Det samme har andelen annet, hvor bl. a. fyllmasse kommer inn. Undersøkelsen viser ikke hvilke masser som er brukt til fyllmasse, men det er noe betenkelig at denne andelen er økt fra flere massetak med kvalitetsmessig godt materiale. Det er viktig at kvalitetsmessig gode masser benyttes til formål hvor dette kreves.

Aktiviteten i bygge og anleggsbransjen, og dermed uttak og forbruk av byggeråstoffer, er avhengig av konjunktorene. Etter meget stor aktivitet på slutten av 80 årene, fikk vi en dramatisk nedgang over hele landet. De senere åra har denne igjen vært svakt stigende. Opplysninger fra byggeråstoffprodusentene i Ullensakerområde viser en økning på opp mot 50 % for 1995 i forhold til de to foregående årene.

I ressursregnskapet for sand, grus og pukk for Romerike i 1986, NGU rapport nr. 87.118, ble det antydnet en levetid på 8-10 år for Bergeravsetningen i Skedsmo. Etter den tid forventet man at en god del av disse uttakene å måtte dekkes fra Gardermoavsetningen. I dag tyder mye på at dette er i ferd med å skje. Samtidig er det naturlig at nyetableringer som følge av den nye hovedflyplassen vil øke etterspørselen etter byggeråstoff de nærmeste åra. Det er derfor rimelig å anta de årlige uttakene i framtida vil bli betydelig høyere.

I 1995 er det registret forholdsvis store uttak av fast fjell for produksjon av pukk (Dal Pukkverk og Veidekkes uttak i Rambydalen). I tillegg tas det inn noe fjell fra Steinsgård som knuses i KOLOs anlegg. I dag går hele Veidekkes produksjon til Gardermobanen. På sikt vil knust fjell, avhengig av kvalitet, kunne erstatte grus til enkelte formål, og værere et supplement til andre. Ved bruk av knust fjell kan sanden som i dag ikke brukes, benyttes i større grad som fint tilslag.

Formål	1986	1988	1993	1994
Uttak	413	420	243	279
Vegformål	267	283	102	130
Betong	57	58	17	20
Annet	89	79	42	51
Eksport	153	155	82	88

Tall i 1000 m3

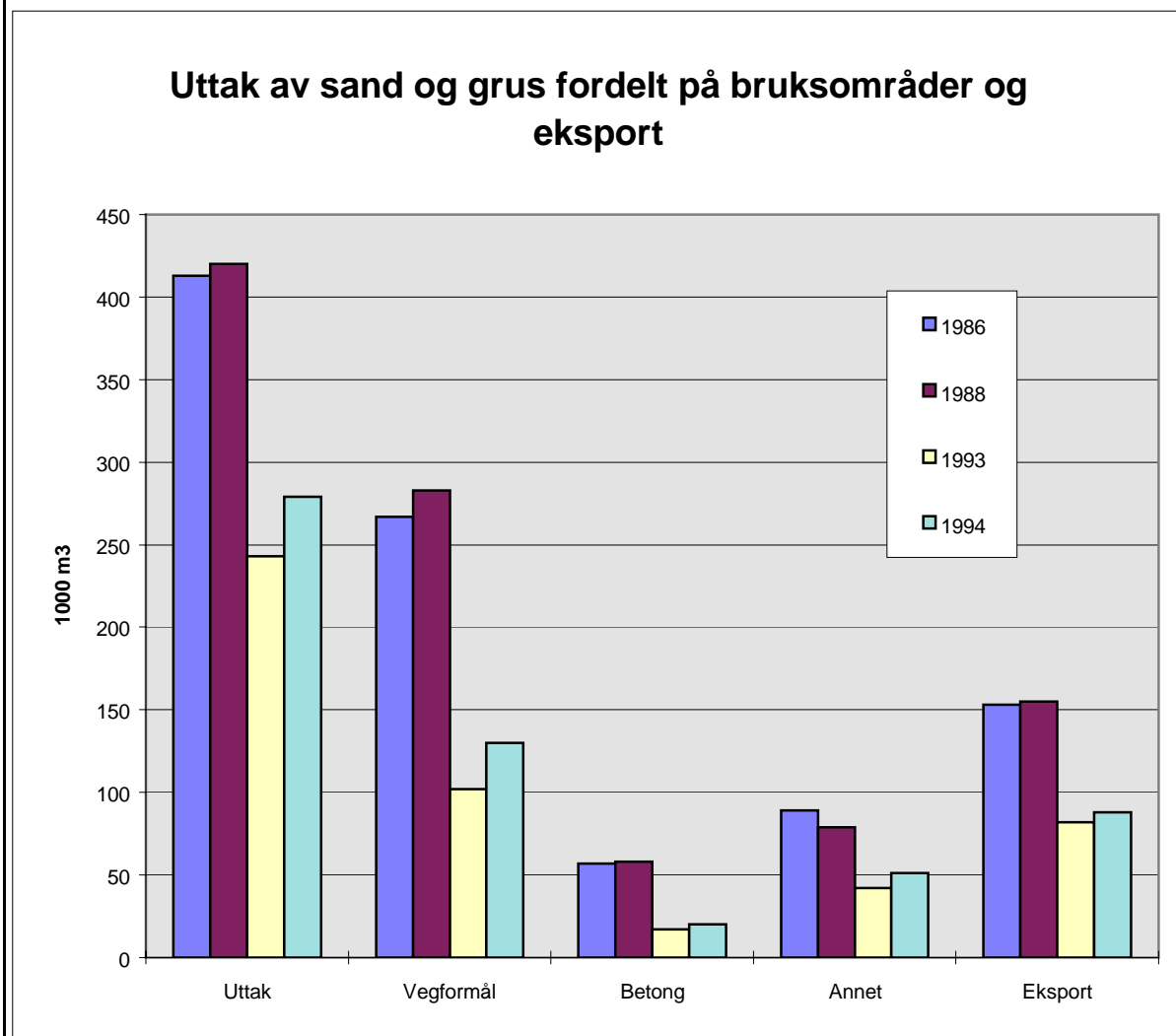
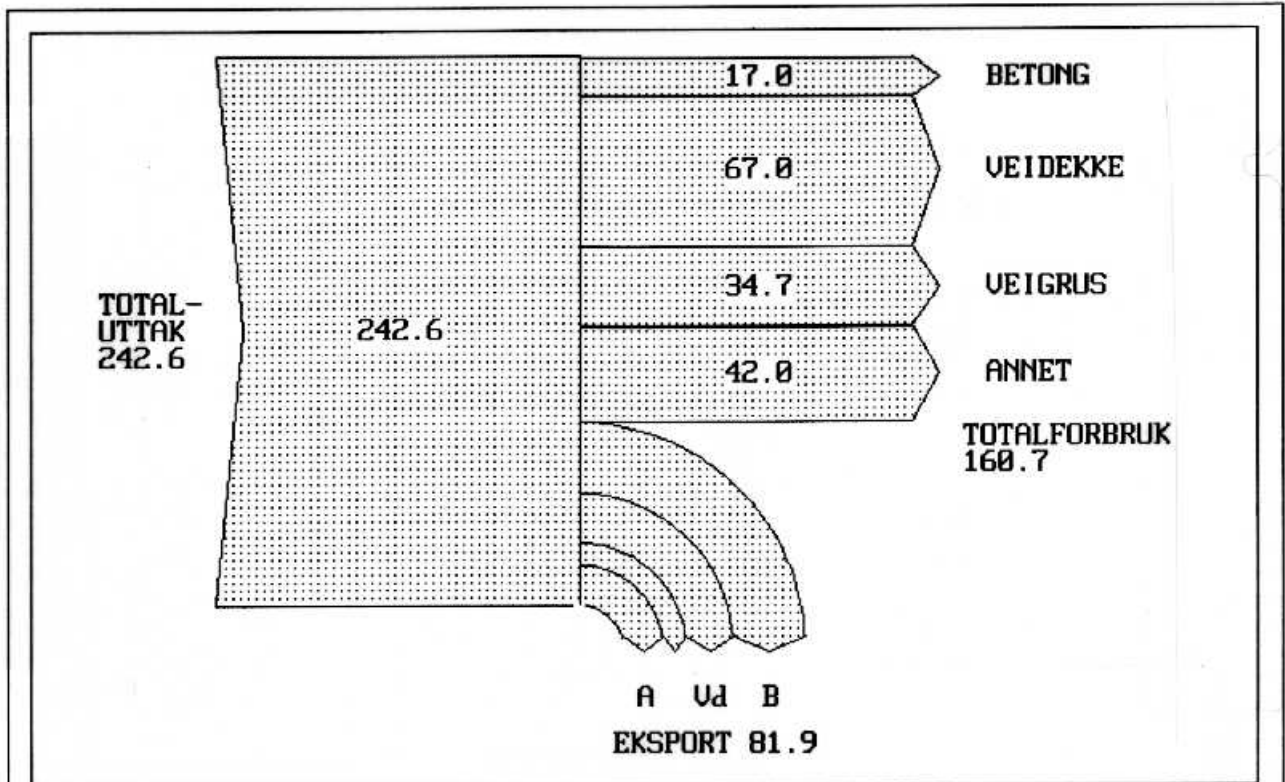


Fig 3. Uttak av sand og grus fordelt på bruksområder og eksport

RESSURSREGNSKAP

Uttak og forbruk i Ullensaker kommune i 1993 (tall i 1000 m³)



Uttak og forbruk fordelt på kommuner i 1993

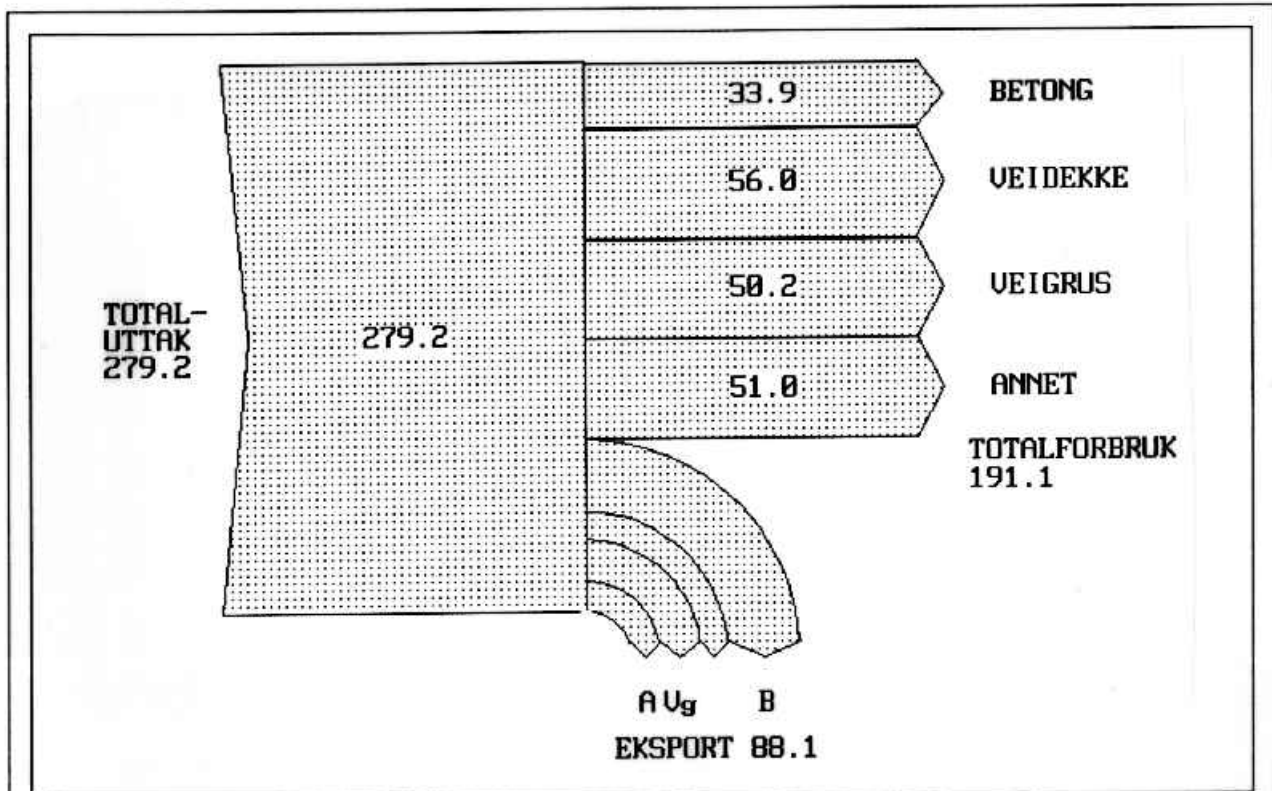
Forbruk / Uttak Import / Eksport	Mengde (1000m ³)		Bruksmåte (1000m ³)			A
	Pukk	Grus	B	Vd	Vg	
ULLENSAKER(235) for året 1993 SUM TATT UT OG BRUKT I KOMMUNEN	0.0	160.7	17.0	67.0	34.7	42.0
IMPORT FRA ANDRE KOMMUNER						
EKSPORT TIL ANDRE KOMMUNER						
Til FET	0.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0
Til LØRENSKOG	0.0	11.5	0.0	11.5	0.0	0.0
Til SKEDSMO	0.0	10.9	4.0	0.5	2.0	4.4
Til NITTEDAL	0.0	13.0	13.0	0.0	0.0	0.0
Til NES AKERSHUS	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0
Til EIDSVOLL	0.0	9.2	0.0	0.0	1.9	7.3
Til NANNESTAD	0.0	7.8	0.0	0.0	4.5	3.3
Til OSLO	0.0	24.5	11.0	10.0	0.5	3.0
Til HAMAR	0.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0
Sum uttak	0.0	242.6	49.0	89.0	44.6	60.0
Sum eksport	0.0	81.9	32.0	22.0	9.9	18.0
Sum import	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sum forbruk	0.0	160.7	17.0	67.0	34.7	42.0

Bruksmåte: B = betong Vd= vegdekke Vg= veggrus A = annet

Tabell 2. Uttak, forbruk og eksport fordelt på bruksområder og kommuner

RESSURSREGNSKAP

Uttak og forbruk i Ullensaker kommune i 1994 (tall i 1000 m³)



Uttak og forbruk fordelt på kommuner i 1994

Forbruk / Uttak Import / Eksport	Mengde (1000m ³)		Bruksmåte (1000m ³)			
	Pukk	Grus	B	Vd	Vg	A
ULLENSAKER (235) for året 1994						
SUM TATT UT OG BRUKT I KOMMUNEN	0.0	191.1	33.9	56.0	50.2	51.0
EKSPORT TIL ANDRE KOMMUNER						
Til FET	0.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0
Til LØRENSKOG	0.0	5.0	0.0	5.0	0.0	0.0
Til SKEDSMO	0.0	24.2	6.0	0.8	12.4	5.0
Til NITTEDAL	0.0	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0
Til NES AKERSHUS	0.0	1.6	0.0	0.0	1.6	0.0
Til EIDSVOLL	0.0	5.4	0.0	0.0	2.4	3.0
Til NANNESTAD	0.0	7.2	0.0	0.0	4.2	3.0
Til OSLO	0.0	35.7	22.0	9.0	0.2	4.5
Til HAMAR	0.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0
Sum uttak	0.0	279.2	70.9	70.8	71.0	66.5
Sum eksport	0.0	88.1	37.0	14.8	20.8	15.5
Sum import	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sum forbruk	0.0	191.1	33.9	56.0	50.2	51.0

Bruksmåte: B = betong Vd= vegdekke Vg= veggrus A = annet

Tabell 3. Uttak, forbruk og eksport fordelt på bruksområder og kommuner

7. RESSURSENS VARIGHET

Med et uttak tilsvarende dagens, vil de grove massene innenfor undersøkelsesområdet være i over 100 år, tabell 2. Dette vil reduseres til vel 70 år dersom uttaksmengden økes med 50 %. I de etablerte uttaksområdene 5,6,7,8 og 9 vil ressursene med dagens uttaksmengder være i 26 år. Dersom verneplanen for Hauer setertrinnet følger den alternative løsningen, vil det også være mulig å ta ut tilsvarende 8-10 års totale uttak i fortsettelsen av Grefsruds massetak øst for E 6. Innen de to industriområdene er det også beregnet å være masser tilsvarende 10 års uttak. Disse ressursene vil båndlegges dersom områdene nedbygges.

Områder	Tot. volum i mill. m ³	Grovt tilslag i mill. m ³	I Ressursens varighet i år	II Ressursens varighet i år
Område 3	50	14	56	
Område 9	5,3	1,8	7	20
Områd 13	4,3	1,4	6	
Område 5	2,2	0,2	1	15
Område 6	7,4	2,1	8	25
Område 7	3,8	1,5	6	
Område 8	3,5	1,1	4	12
Vilberg leir	6,5	2	8	
Industri 1	5,3	1,8	6	
Industri 2	4	1	4	
Tilsammen	92	27	106	

Tabell 4. Ressursens størrelse i mill. m³ og varighet i år innen delområdene

I - ved kommunens samlede uttak tilsvarende dagens

II - ved de lokale massetaks årlige uttak tilsvarende dagens

Delområde 3 inneholder masser som tilsvarer over 50 års totale uttak med dagens uttaksmønster og uttaksmengde i kommunen. Dette er 50 % av de totale ressursene.

I delområde 5 er det resterende volum beregnet til 220 000 m³. Dersom det i fortsettelsen tas ut tilsvarende mengder fra massetaket som for de to årene undersøkelsen omfatter, vil ressursen være i 15 år. Forutsetningen er at avgrensingen av dagens massetak som er utført etter skjønn er tilnærmet riktig.

I delområde 6 finnes det 2,1 mill. m³ grove masser. Dersom massetakene i delområdet driver på tilsvarende masser, og med tilnærmet samme uttaksvolum som i dag, vil ressursen være i ca. 25 år.

Delområde 7 inneholde masser tilsvarende 6 års totale uttak i kommunen under forutsetning av tilsvarende driftsmåte og årlig uttak som i dag.

Med dagens uttaksmønster og uttaksmengde har Kolo tilsvarende 12 års forbruk innen delområde 8.

I delområde 9 kan Kolo med dagens uttaksmengder og materialtyper ta ut masser i 20 år. Dersom alle uttak skjer fra området varer ressursen i 7 år.

Innenfor Vilbergleiren er det masser tilsvarende 8 års uttak av dagens masstype og mengde.

Samlet for de to industriområdene er tilsvarende 10 år.

Det må bemerkes at massene i industriområdene og deler av delområde 3 ikke er så grove, og har større variasjon i kornstørrelsen, enn de det drives på i dag. Dette fører til mer arbeidskrevende og dyrere produksjon for å holde en jevn kvalitet på tilslagsmaterialet. Det er likevel mulig å produsere tilfredsstillende tilslagsmaterialer også herfra.

8. LITTERATUR

- Erichsen, E., Wolden, K. 1988: Temakart byggeråstoff. Sand, grus og pukk. Ullensaker kommune M 1: 50 000. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Hansen H. J. 1987: Grusregisteret i Ullensaker kommune. *NGU rapport 87.117*.
- Hansen H. J., Wolden K. 1987: Ressursregnskap for sand, grus og pukk for Romerike 1986. *NGU rapport 87.118*.
- KOLO 1987: Grusressurs Vallhallamoen Gnr. 51, bnr. 5. *Korsbrekke og Lorck a/s*
- KOLO 1994: Grusressurs Ullensaker kommune. Grusmateriale fra 5 hull gravd i området ved Sand. *Korsbrekke og Lorck a/s*
- Rygg, N.1992: Grunnundersøkelser veg- og jernbanetrase, nordre alt., variant A. Oppdr. nr. cd-678B. *Statens vegvesen, Akershus*
- Strøm E. 1985: Villbergmoen grustak, grunnundersøkelser. *Noteby a/s*
- Thommassen, H., 1990: Ressursregnskap for sand, grus og pukk i Oslo og Akershus fylker 1988. *NGU rapport 90.023*.
- Tønnesen, J. F. 1990: Forsøksmålinger med georadar, Ullensaker kommune, Akershus. *NGU rapport 90.104*
- Jessheim Vegstasjon, J.E.K. 1993: Undersøkelse av grusforekomst ved Vilberg. *Statens vegvesen, Akershus*
- Longva, O. 1987: Beskrivelse til Kvartærgeologisk kart Ullensaker 1915 II, M 1:50 000 *Norges geologiske undersøkelse*.
- Østmo, S. R. 1976: Øvre Romerike. Grunnvann i løsavsetninger mellom Jessheim og Hurdalsjøen. Hydrogeologisk kart M1:20 000. *Norges geologiske undersøkelse*
- Østmo, S. R. 1977: Kvartærgeologisk kartlegging med spesiell vekt på registrering og undersøkelse av sand- og grusforekomster i Ullensaker kommune, Akershus fylke. *NGU rapport 0-75045*

STANDARDVEDLEGG
SAND-, GRUS- OG PUKKUNDERSØKELSER

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
Forundersøkelse	4
Oppfølgende undersøkelser	4
Detaljundersøkelser	5
KVALITETSVURDERING OG KVALITETSKRAV AV SAND OG GRUS TIL . . .	5
Sand og grus til betongformål	6
Sand og grus til vegformål	13
VOLUMVURDERING	17
FELTUNDERSØKELSER	17
Løsmassekartlegging	17
Undersøkelse av løsmassene i åpne snitt og gravde sjakter	17
Prøvetaking	17
Seismiske undersøkelser	18
Løsmasseboring med Borros Polhydrill	18
Enkel sondering med Pionærbormaskin	19
NORGES KVARTÆRGEOLOGI OG LØSMASSENE INNDELING	19
Generelle trekk i Norges kvartærgeologi	19
Innholdet på kvartærgeologiske kart	19
Løsmassenes inndeling	20
Kornstørrelser	21
LABORATORIEUNDERSØKELSER	22
Kornfordelingsanalyse	22
Fallprøven	22
Bergarts- og mineralkorntelling	23
Humus- og slambestemmelse	24
Abrasjon	24
Slitasjemotstand	24
Tynnslip	25
Sievers J-verdi	25
Slitasjeverdi	26
Borsynkindeks (DRI)	26
Borslitasjeindeks (BWI)	26
Prøvestøping	26
KVALITETSVURDERING AV PUKK TIL VEGFORMÅL	28

Figurer og tabeller

1. NGUs modell for sand- og grusundersøkelser.	5
2. Regler for graderingskompromiss av sandtilslag	7
3. Eksempel på samlet gradering	8
4. Noen eksempler på samlede graderinger	11
5. Alkalireaktive bergarter	12
6. Grus. Materialkrav i bære- og forsterkningslag	15
7. Grus. Materialkrav i vegdekker	16

NGU'S MODELL FOR SAND- OG GRUSUNDERSØKELSER

"Sand" og "grus" er geologisk sett løsmasser innenfor de bestemte kornfraksjonene: sand 0.06-2 mm, grus 2-64 mm og stein 64-256 mm. Uttrykkene sand og grus blir i daglig tale brukt om hverandre som en fellesbetegnelse på løsmasser til bygge- og anleggsformål. I praksis gjelder det kornstørrelsene sand-grus-stein.

Sand og grus er i naturen konsentrert i forekomster bygget opp av vannbehandlet materiale. Særlig viktig er breelvavsetninger dannet under innlandsisens avsmelting. Enkelte steder kan også elveavsetninger, strandavsetninger og morenemateriale være viktige forekomsttyper.

Sand- og grusforekomster er viktige som råstoffkilder til bygge- og anleggsformål. Dessuten kan de også nyttes som byggegrunn, landbruksareal, grunnvannsuttak, kloakkresipient og avfallsdeponier. Alle disse anvendelsesmuligheter blir belyst ved sand- og grusundersøkelser, men hver anvendelse krever spesialundersøkelser.

Forundersøkelse

I forundersøkelsen vil en normalt få lokalisert og arealavgrenset et områdes sand- og grusforekomster. Det blir også gjort en grov vurdering av volum og kvalitet på grunnlag av geologisk tolkning av forekomstenes dannelse og oppbygning. Denne tolkingen er basert på overflatekartlegging, snittbeskrivelse og spredt prøvetaking. Prøvene analyseres med hensyn på kornfordeling og bergarts- mineralorkorn sammensetning. Resultatene blir presentert som mulig mengde og kvalitet for de enkelte forekomstene, f.eks. 19 (min.) - 20 (maks.) mill. m³, middels til gode tekniske egenskaper.

Der det er utført regional kvartærgeologisk kartlegging i M 1:50.000 er det vesentligste av forundersøkelsen utført.

De videre undersøkelsene i fase 1 og 2 har som viktigste mål å gi sikrere informasjon om mengde og kvalitet for et utvalg av forekomstene. Normalt vil kostnadene pr. arealenhet øke drastisk når en må ta i bruk teknisk utstyr for å fremskaffe disse informasjonene.

Oppfølgende undersøkelser

Prøver tas oftest kontinuerlig i sjakter eller i snitt. Unntaksvis foretas det prøvetakende borer nedover i forekomsten. Prøvene analyseres for vurdering av egnethet til teknisk bruk, oftest sprøhets- og flisighetsanalyse, mineralogisk analyse og i visse tilfeller utføres betongprøvestøping. På dette nivået er geofysiske undersøkelser som seismikk, georadar, elektriske målinger viktige. Disse indirekte metodene gjør det mulig å tolke materialsammensetningen ut fra registrert gjennomgangshastighet for lyd (refraksjonsseismikk) eller elektrisk ledningsevne (elektriske motstandsmålinger). Resultatene blir presentert som sannsynlig mengde og kvalitet og er en syntese av resultater fra feltundersøkelser, laboratorieundersøkelser og geologisk tolkning. Et eksempel på konklusjon av oppfølgende undersøkelser kan være: volum: minimum 13 maksimum 17 mill. m³ sand og grus av god teknisk kvalitet.

Detaljundersøkelser

Detaljundersøkelse skiller seg fra oppfølgende undersøkelser ved tettere undersøkelsesnett og mer bruk av prøvehentende borer. Det tas større prøver til detaljert materialundersøkelse som f.eks. betongprøvestøping. Konklusjon i en detaljundersøkelse kan for eksempel være 1,4 (min.) - 1,6 (maks.) mill. m³ sand og grus med god teknisk kvalitet, egnet som tilslag i høyfast betong- og vegdekker.

Fase	Innhold (Forberedelser og feltarbeid)	Resultat (Bearbeiding)
Forundersøkelse	-Tidligere undersøkelser -Løsmasseregistrering, kartlegging i målestokk 1:50.000. -Flyfotostudier -Befaringer -Evt. enkel prøvetaking	-Lokalisering av forekomster -Mulig volum og kvalitet
Oppfølgende undersøkelse	-Kartlegging i målestokk M = 1:20.000 -Geofysiske undersøkelser -Sonderboring -Prøvetaking	-Skille ut viktige forekomster -Sannsynlig volum og kvalitet
Detaljundersøkelse	-Kartlegging i målestokk M = 1: 5.000 -Geofysiske undersøkelser -Sonderboringer evt. prøvehentende borer -Prøvetaking	-Påvise enkeltforekomsters egnethet til ulike formål. -Påvise volum og kvalitet. -Evt. utarbeide uttaks- og driftsplaner

Figur 1. NGUs modell for sand- og grusundersøkelser.

KVALITETSVURDERING OG KVALITETSKRAV AV SAND OG GRUS TIL BETONG- OG VEGFORMÅL

To parametre er sentrale for vurdering av materialkvalitet:

- Materialtekniske egenskaper (kvalitet).
- Forekomstens sammensetning (strukturer og indre oppbygging)

Det benyttes en rekke laboratoriemetoder for vurdering av de materialtekniske egenskaper (se eget kapittel). Behovet vil variere fra undersøkelse til undersøkelse.

Forekomstenes sammensetning og oppbygging varierer både horisontalt og vertikalt. Undersøkelse og dokumentasjon av materialsammensetningen har derfor stor betydning for vurdering av ressurspotensialet og for utarbeidelse av uttaksplaner. Boring, seismikk, elektriske målinger og bruk av georadar samt prøvetaking er eksempler på metoder som benyttes i felt.

De geologiske forhold avgjør forekomstenes egenskaper og karakteristika. Det er av avgjørende betydning å klarlegge og utnytte kunnskap om de naturgitte forhold.

Er det lokalt ikke tilgang på forekomster av høy nok kvalitet er det viktig å være klar over at enkle kvalitetsforbedrende tiltak er et alternativ til import og lang transport. Sikting, knusing og vasking er eksempler på tiltak for å bedre gruskvaliteten. Det vil her føre for langt å gi en fullstendig og detaljert oversikt over dette emnet.

Sand og grus til betongformål

Tilslagskornenes geometriske utforming, deres fysiske og kjemiske egenskaper og karakteristika har betydning for betongen såvel i fersk som i herdet tilstand. Dette kapittelet gir oversikt over tilslagsfaktorer som øver stor innflytelse på betongens bruksegenskaper. Selv om det foreligger en rekke metoder for vurdering av tilslagets egenskaper og karakteristika, finnes det meget få akseptkriterier. På dette punkt er norske standardspesifikasjoner for tilslag (NS 3420) generelt utformet og lite presise. Dette har flere årsaker. For det første er flere viktige parametre vanskelige å kvantifisere. Dessuten er det en kompleks sammenheng mellom de ulike tilslags- og betongegenskaper. Derfor kreves det som regel direkte funksjonsorientert testing av tilslaget i mørtel eller betong. Prøvestøping og etter kontroll av konstruksjoner der det aktuelle tilslaget inngår, er i mange tilfeller enkelt og sikkert i forhold til omfattende undersøkelse og tolkning av tilslagsegenskaper. Enkle kvalitative vurderinger basert på viktige materialtekniske egenskaper har likevel stor og uvurderlig betydning når en vil foreta en grov sammenligning og rangering av ulike forekomster som tidligere er lite undersøkt. På denne måten er det samtidig enkelt å påvise regionale forskjeller i tilslagskvalitet. Korntellemetodene er av primær interesse i denne sammenhengen.

Det kan skilles mellom følgende tilslagsundersøkelser:

- Korntellemetoder (bergarts-/mineralkorntellinger, kornform, rundingsgrad, ruhet etc.)
- Testing av tilslagets mekaniske egenskaper (teknologiske tester); Sprøhet- og flisighet samt abrasjonstest, humustest og Los-Angelestest.
- Prøving av tilslaget i betong (indirekte teknologiske tester):
 - I fersk betong: Vannbehov, Slump (konsistens, bearbeidbarhet)
 - I herdet betong: Fasthetsegenskaper, bestandighet (frost-, miljø, temperaturpåkjenninger etc.)

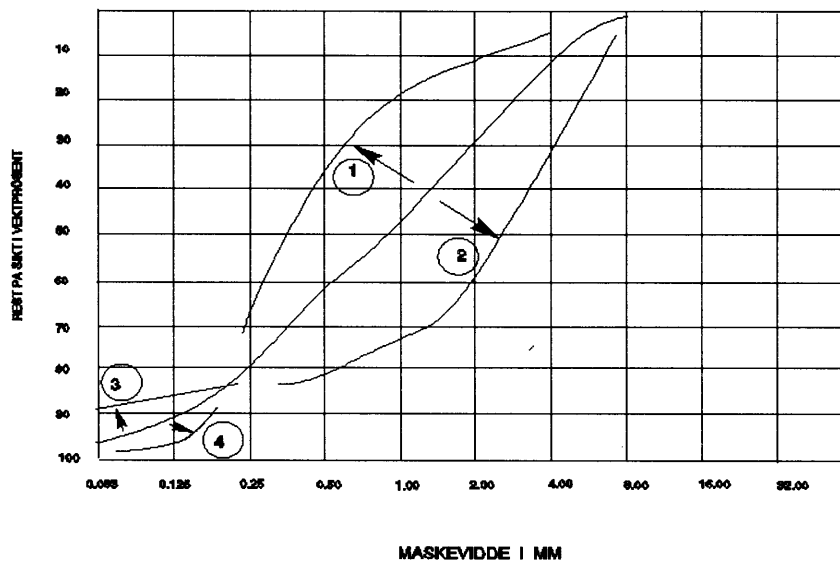
Listen ovenfor må i hvert enkelt tilfelle tilpasses til det aktuelle kontroll- og dokumentasjonsbehovet. Det finnes ingen enkel oppskrift på å sette sammen en betong med de ønskede egenskaper. For å oppnå foreskrevet kvalitet og få tilpasset resepten må det støpes flere prøveblandinger.

Korngradering

Tilslagets korngradering er den parameter som enkeltstående har størst innflytelse på betongens bruksegenskaper. Graderingen påvirker først og fremst en rekke egenskaper ved den ferske betongen:

- Vannbehov
- Bearbeidbarhet
- Komprimerbarhet
- Separasjon/vannutskillelse
- Slumtapt
- Luftinnhold

Siktekurven gir en visuell framstilling av tilslagets gradering. Fillerinnhold, forholdet mellom fint og grovt tilslag samt kurveformen er blant de parametre som kan leses direkte av fra siktekurven.



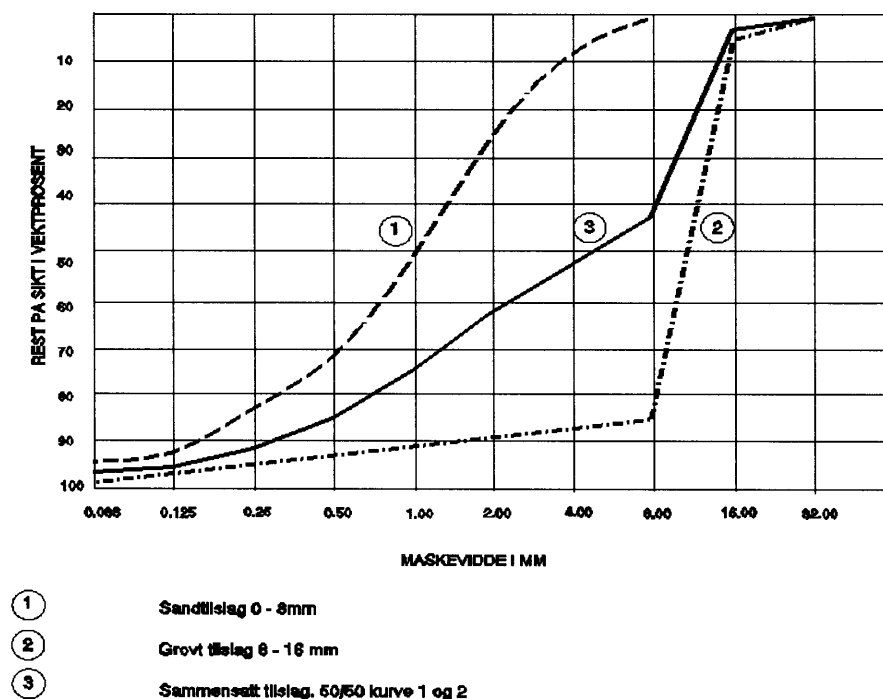
1.	Åpen sandkurve (økt poreinnhold, mindre pakningsgrad), såkalt "sandpukkel" kan medføre :	<ul style="list-style-type: none"> - Økende vannbehov - Økende luftinnhold - Lettere flyt/mobilitet/pumpbarhet - Fare for separasjon/vannutskillelse
2.	En tettere sandkurve (som innenfor visse grenser medfører redusert poreinnhold kan gi:	<ul style="list-style-type: none"> - Redusert vannbehov - Tettere pakning / mindre luftinnhold
3.	Økt fillermengde fordres ved:	<ul style="list-style-type: none"> - Magre blandinger - Skarp kornform - Bløt betong
4.	Redusert fillerinnhold er fordelaktig ved:	<ul style="list-style-type: none"> - Fete blandinger - Rund kornform - Stiv konsistens ("tørr" betong)

Figur 2. Regler for graderingskompromiss av sandtilslag (Norsk betongforenings publikasjon nr. 18)

Mengdeforholdet mellom den fine og grove delen av tilslaget (sand og stein) påvirker blant annet betongens bearbeidbarhet og vannbehov. Dette er et viktig styringsredskap. Rent produksjonsteknisk er det nemlig lett å justere forholdet sand/stein for tilpasning av samlet gradering. Tilslagsgraderingen vil ofte være et kompromiss mellom ulike betongteknologiske behov, se figur 2. Dessuten er man ofte henvist til lokale tilslag, med begrensede muligheter til justering av kornkurven.

Fillerinnhold

I produksjonssammenheng benyttes betegnelsen filler om materiale mindre enn 0.125 mm, da dette er den minste kornstørrelsen som i praksis kan skilles ut ved tørrsiktning (fillersand nederst i fig. 2). Et høyt fillerinnhold motvirker betongens tendens til vannutskillelse. På den annen side kan det gi høyere vannbehov. Fillerfraksjonen virker delvis som "smøring" i fersk betong. Sement har også fillervirkning. Derfor bør fillerinnholdet være lavere i en sementrik enn i en mager blanding, og høyere når det benyttes knust tilslag. Er det for lite filler kan det suppleres med dertil egnet fillersand fra andre lokaliteter.



Figur 3. Eksempel på samlet gradering (Norsk betongforenings publikasjon nr. 18)

Ideelle siktekurver

For å lage god betong med lavt pastabehov og gode svinn- og krypegenskaper er det gunstig å benytte graderinger som gir tett kornpakking og lavest mulig hulromsprosent. Samtidig må det blant annet tas hensyn til at betongen skal være formbar og stabil. Den samlede graderingen teller mest, men sandens gradering påvirker en rekke bruks-

egenskaper hos betongen. Den optimale gradering vil ikke være den samme for forskjellige betongtyper/betongformål. Her er samvirket med øvrige tilslagsparametre, ikke minst kornformen, av stor betydning. For å ha bedre kontroll med samlet gradering er det vanlig å proporsjonere betong med ferdigfraksjonert materiale fra separate lagre. Delmaterialene foreligger som regel i standardiserte sorteringer. Sandtilslaget leveres gjerne med øvre nominelle kornstørrelse i området fire til åtte mm. Steintilslaget bør foreligge i korte sorteringer for hindre separasjon. Figur 3 viser et eksempel på et tilslag satt sammen av to delmaterialer.

Figur 2 viser tommelfingerregler for graderingskompromiss i sandfraksjonen. Figuren viser at det samtidig ikke kan tas fullt hensyn til alle faktorer. Figur 4 viser noen eksempler på samlede graderinger som har vist seg egnet til ulike formål. Sprang- eller diskontinuerlig gradert materiale (kurve E, figur 4) gir i enkelte tilfelle en lett bearbeidbar betong med lavt pastabehov. Fare for separasjon tilsier imidlertid at denne type gradering først og fremst bør benyttes når det foreskrives relativt stiv konsistens. Spranggradering gjør det blant annet enklere å frilegge stein i fasader. Kunstig innført luft har både stabiliserende og "smørende" virkning på betong. Fordi luftinnførende tilsetningsstoff erstatter endel av sand- og fillerinnholdet bør det benyttes graderinger med lavere finstoffinnhold.

Tilslagspartiklenes kornform, rundingsgrad og overflateforhold

Tilslagskornenes rundingsgrad og kornform har betydning for den ferske betongens bearbeidbarhet. Skarpkantede og flisige korn gir en større indre friksjon i fersk betong i forhold til godt rundet materiale. Det viser seg at selv et lite innhold av godt rundet materiale i fraksjonen 1-4 mm kan være gunstig for den ferske betongens egenskaper. Når fersk betong støpes ut og komprimeres, kan flate og flisige steinpartikler av og til orientere seg med den flate siden parallelt horisontalplanet og på denne måten fange opp porevann og danne vannlommer på kornenes underside. I herdet betong kan en ru og kantet overflate gi bedre fortanning og større indre friksjon, og motvirke heftbrudd i kontaktsonen pasta/tilslag. Dette er særlig gunstig med tanke på bøyestrekfastheten.

Tilslagets mineralogi

Det viser seg at tilslagets mineralogiske sammensetning har en viss betydning for vannbehovet. Mineralinnholdet synes å være viktigere enn formfaktoren i sandens finfraksjon. Innhold av fri glimmer, skiferkorn og fysisk svake korn i tilslaget vil både øke den ferske betongens vannbehov og indirekte virke ugunstig inn på fasthetsutviklingen. Dette vil ha negativ innflytelse først når glimmerinnholdet overstiger 10 - 15%. Høyt glimmerinnhold kan det bare i en viss grad kompenseres for ved bruk av plastiserende tilsetningsstoffer.

Kjemisk reaktive mineraler

Enkelte bergarter og mineraler kan på grunn av sine kjemiske og fysiske egenskaper under gitte betingelser være lite volumstabile i kontakt med sementpasta.

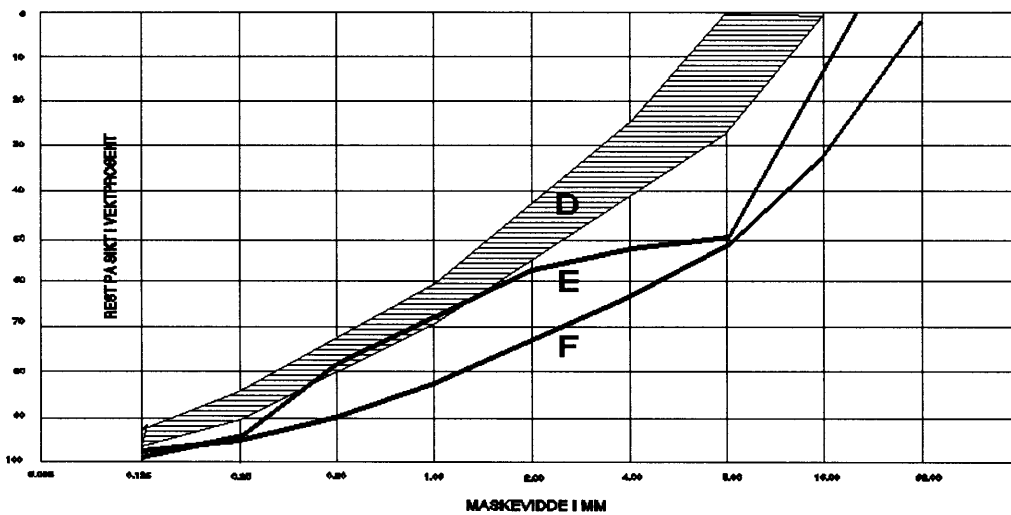
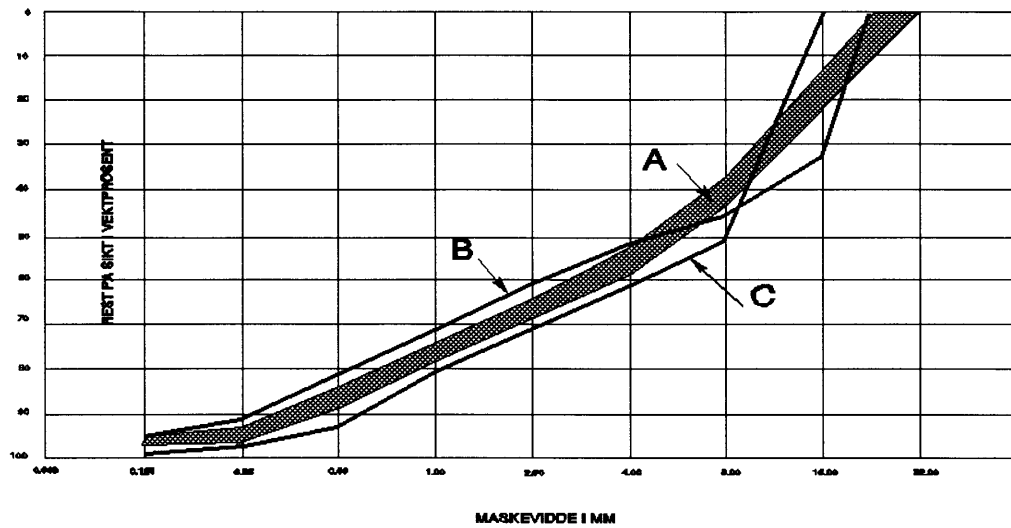
I de seinere år er det påvist skadelige alkalireaksjoner i flere eldre dam- og brokonstruksjoner i Sør-Norge. Tilgjengelige alkalier i sementpastaen kan reagere med visse

bergarter i tilslaget og føre til volumekspansjon og oppsprekking i herdet betong. Den kjemiske reaksjonen er i slike tilfelle svært langsom og finner kun sted under forhold med høy fuktighet. Skadene oppdages gjerne først etter 15 til 20 år.

Alkalireaksjoner er hos oss primært påvist i tilslag inneholdende fin- til mikrokrystallin og deformert kvarts, blant annet i mylonitt, lavmetamorf rhyolitt, sandstein, samt fyllitt og gråvakke, figur 5.

Det må presiseres at risikobergartene ikke alltid er reaktive. Det er pr. i dag ikke etablert sikre kriterier for vurdering av skadelig innhold av risikobergartene. Resultater tyder på at man inntil videre bør benytte en øvre grense på 20 volumprosent for mulige reaktive bergarter. Aksellererte forsøk på mørtel- og betongprismer i laboratoriet kan benyttes for dokumentasjon av bestandighet på tilslag.

Magnetkis kan reagere med sementpastaen og danne forbindelser med sprengvirkning i pastaen. Et annet sulfid, svovelkis, ansees derimot kun som et estetisk problem i forbindelse med rustutfellinger på overflaten, så lenge mineralet ikke opptrer sammen med magnetkis. Kis vil primært opptre i knust tilslag. I naturgrus er skadelig kis som regel vitret bort, men fremdeles reaktiv kis kan finnes i grus under grunnvannsnivået. Kis-mineraler opptrer sporadisk i mange bergartstyper og er lette å identifisere i stoff eller ved bergartsundersøkelser. Kisinnholdet fastlegges ved DTA, kapittel 3. I henhold til den frivillige deklarasjons- og godkjenningsordningen skal magnetkisinnholdet ikke overstige 0.2 - 1 %. Skadelige kisreaksjoner kan motvirkes ved bruk av sulfatresistent sement.



- A. Høyfast betong, god støpelighet/flytende konsistens.
- B. Godt støpelig høyfast betong med stor andel knust tilslag.
- C. Høyfast vegbetong (stor slitestyrke).
- D. Tilslag til sprøytebetong.
- E. Partikkelsprang (50/50 med 0-4 og 8-16 mm). Sanda er ensgradert og fillerfattig.
- F. Fullerkurve (tettete kulepakning) 0-32 mm.

Figur 4. Noen eksempler på samlede graderinger (Norsk betongforenings publikasjon nr. 18).

<p>Sannsynlig alkalireaktive bergarter: Sandstein/gråvakke/siltstein Mylonitt/kataklasitt Rhyolitt/sur vulkansk bergart Argillitt/fyllitt Metamergel Kvartsitt (mikrokrystallin og meget finkornet) *)</p> <p>Mulig alkalireaktive bergarter: Kvartsitt (grovkornet) *) / kvartsskifer Finkornet kvartsrik bergart Kalkstein med pellittisk struktur</p> <p>Ikke-alkalireaktive bergarter: Granitt/gneis/glimmerskifer/dioritt/etc. (fin- til grovkornet Mafiske bergarter (gabbro/basalt/grønnstein/etc.) Ren krystallin kalkstein/marmor</p>

*) Mikrokrystallin og meget finkornet kvartsitt (maks. 50 mikron) bør betraktes som sannsynlig reaktiv, mens grovkornet kvartsitt er mulig reaktiv (selv med "strained" kvarts.

Figur 5. Alkalireaktive bergarter

Termiske egenskaper

Volumet av fast stoff i både tilslaget og sementpastaen vil lovmessig endres i takt med temperaturen. Moderate temperaturpåkjenninger fra miljøet og ikke minst herdeprosessen fører vanligvis ikke til dannelse av riss og sprekker i betong. Når det foreskrives betong for ekstreme temperaturpåkjenninger må det blant annet tas hensyn til at kvarts undergår en krystallografisk faseomvandling ved 573 grader C. Under denne omvandlingen ekspanderer kvartsens volum 0.83 prosent, noe som vil ha ødeleggende virkning på betong.

Forurensninger

Humus er en felles betegnelse på dekomponert organisk materiale og humussyrer. Et høyt humusinnhold kan forsinke og i verste fall forhindre herdeforløpet i betongen. I norske grusforekomster er humusforurensning først og fremst knyttet til selve jordsmonnet eller de øverste 2 - 4 m av løsmasseprofilen. Den nedre del av denne sonen får gjerne en karakteristisk brunfarge på grunn av oksyderte jern-/humusforbindelser. Den tradisjonelle NaOH-metoden gir ikke bestandig et entydig svar på innholdet av skadelig humus. Dette er blant annet avhengig av mineralsammensetningen og geokjemiske faktorer generelt. Indikerer NaOH-metoden skadelig humus bør det i tillegg utføres målinger etter den nye titreringsmetoden og eventuelt foretas herdeforsøk

Salter og klorider kan skape korrosjonsproblemer på innstøpt stål, danne belegg på betongoverflater og øke faren for alkalireaksjoner. Her til lands kjenner vi problemet i forbindelse med utnyttelse av submarine forekomster. Salt sjøvann som fukt i tilslaget vil vanligvis ikke ha noen innflytelse på vanlig konstruksjonsbetong. Når det prosjekteres

spennbetong eller betong som skal være bestandig i spesielt aggressive miljø som marint miljø, brodekker etc., må det imidlertid tas hensyn til kloridinnholdet. I flomålet (strandsonen) kan salt anrikes i særlig grad. I Norsk Standard (NS 3474) skal det totale kloridinnholdet ikke overstige 1 prosent av sementvekten. I utenlandske standarder er 0.1 prosent nevnt som grense når det siktes mot spennbetongkvaliteter.

Belegg (beising) av finstoff (leir, evt. siltfraksjonen) kan redusere heftfastheten pasta/tilslagskorn og redusere den generelle betongfastheten. Silt- og leirbelegg kan forekomme i områder med høyereliggende sand- og grusavsetninger. Foruten selve belegget kan det også forekomme klumper og linser med silt/leir.

Innhold av humus, salter, klorider og overflatebelegg kan effektivt motvirkes ved en vaskeprosess. Vasking kan imidlertid lett føre til utvasking og reduksjon av fillerinnholdet.

Sand og grus til vegformål

Vegnormalene stiller krav til mekaniske egenskaper, gradering og kornform. Kravene kan omfatte steinklasse, abrasjonsverdi, flisighet, slitasjeverdi, humusinnhold, gradering samt bergartsinnhold. Kravene avhenger av hvor i vegkroppen materialet benyttes, klimaet og trafikkbelastningen. Vegteknisk skilles det klart mellom dekker, bærelag og forsterkningslag. I disse tre lag i vegens overbygning stilles det vesensforskjellige krav til materialet. Det viser seg fordelaktig å benytte en høyere andel med knust materiale i fraksjonen over fire millimeter. Dette gir blant annet mer stabile og bæredyktige vegkonstruksjoner. Det bemerkes at det generelt benyttes naturmateriale i fraksjonen under fire millimeter. Unntatt fra dette er ekstra tilsats av filler. Her krever Vegnormalene at det benyttes filler nedmalt eller knust fra forvittringsbestandige bergarter.

De strengeste kravene stilles for materiale i vegdekker. Figur 7 gir oversikt over dekketyper der det kan benyttes en større eller mindre andel med naturgrus i fraksjonen over 4 millimeter. På de sterkest trafikkerte veger kreves det vanligvis dekker med mer enn 80 prosent knust steinmateriale.

I bære- og i forsterkningslag kan det benyttes grus og sand i en rekke konstruksjons-elementer. Figur 6 gir oversikt over de materialkrav som normalene stiller til naturgrusen. I mekanisk stabiliserte bærelag kreves det minst 50 prosent knuste flater (fraksjoner større enn 4 mm). Grovknust steinmateriale gir generelt god stabilitet og knuseøkonomi, men kan øke faren for separasjon. I bituminøst- og sementstabiliserte bærelag kan det benyttes naturgrus, men det stilles krav til steinklasse og flisighet alt etter trafikkbelastningen. Vegnormalene krever at det ikke skal benyttes steinmateriale med mer enn 20 og 35 prosent svake bergarter i henholdsvis bære- og forsterkningslag. Størsteparten av sand- og grusmaterialer til vegformål benyttes i bære- og forsterkningslag.

Mekaniske egenskaper og kornform

Ut fra mekanisk styrke (sprøhetstallet) og kornformen (flisighetstallet) klassifiseres veggrus i steinklasser i henhold til gjeldende norm i fem kvalitetsklasser fra klasse 1 til 5

(5 er laveste kvalitet). Figurene 6 og 7 viser de krav som stilles til steinklasse, flisighet og abrasjonsverdi, og innholdet av mekaniske svake bergarter i de ulike deler av vegoverbygningen.

Uheldig bergartsinnhold

Enkelte bergarter kan ikke anbefales i vegdekker. Dette gjelder for eksempel fyllitt, kalkstein, leirskifer og olivin.

Korngradering

Statens Vegvesen stiller krav til korngradering til de fleste deler av overbygningen. I vegdekker og de fleste bærelag er graderingskravene strenge med krav om tilpasning til normgivende siktekurver. I forsterkningslag er det ikke krav til kornkurve, men forholdet mellom 60 og 10 prosent-gjennomgangen (Cu-verdien) skal være større enn 10 i det øvre forsterkningslaget.

GRUS. MATERIALKRAV I BÆRE- OG FORSTERKNINGSLAG										
Del av vegoverbygging	Årsdøgntrafikk	Stein-klasse maks.	Flisighet for matr. > 11.2	Abrasjonsmotstand	%-andel mikron, matr. < 19mm	%-andel knust matr. > 4.0mm.	%-andel knuste flater, totalt	%-andel svake bergarter 8-16 mm	Humusinnhold	Graderingskrav /d _{max}
Mekanisk stabilisert bærelag	Øvre	3	< 1.50		< 9	> 35	> 50	(<25)	< 1% (Glødemetoden)	Grensekurver /32mm
	Nedre	3	< 1.50		< 9	> 35	> 50	(<25)	< 1% (Glødemetoden)	Grensekurver /32mm
BÆRELAG	Asfaltert sand (As)	5	-			> 35		(<25)		Tilpasning /11.2mm
	Asfaltert grus (Ag)	4	< 1.55			> 35		(<25)		Tilpasning /32mm
		3	< 1.50				"	"	< 0.5 (NaOH-metoden)	Grensekurver /32mm
	Emulsjonsgrus (Eg)	4	< 1.60			< 5 2)				Grensekurver /16mm
		3	< 1.50			"				(Grensekurv.) /16mm
	Skumgrus (Sg)	4	< 1.60			< 12 2)				Grensekurver (37mm)
		3	< 1.50			"				Cu > 15 (150mm)
	Bitumenstabilisert grus (Bg)	4	< 1.60			< 17 2)				Cu > 5
		3	< 1.50			"				
	Sementstabilisert grus (Cg 1)	> 300	5	< 1.60						
FORSTERKNINGSLAG	Øvre	4			< 8 2)				< 1% (Glødemetoden)	
	Nedre	5			< 8 2)					

1) = Krav til trykkfasthet kommer i tillegg
 () = Anbefalt verdi, ikke krav
 2) = Materiale < 16 mm d_{max} = Største tillatte kornstørrelse

Fig. 6. Materialkrav i bære- og forsterkningslag (iht Statens Vegvesen håndbok 018).

GRUS. MATERIALKRAV I VEGDEKKER											
Del av vegoverbygging	Årsdøgntrafikk	Stein-klasse maks.	Flisighet for matr. > 11.2 maks.	Abrasjonsmotstand	Sitasjemotstand	%-andel knust matr. > 4.0mm.	%-andel knust matr. > 8.0 mm	%-andel svake bergarter 8-16 mm	Humusinnhold	Graderingskrav /d _{max}	
B I T U M I N Ø S E V E G D E K K E R 1)	Varmerproduserte dekker i verk	1500- 3000	< 1.45	< 0.55	< 3.5	> 50	-	(< 20)	< 2 (NaOH-metoden)	Grensekurver /22 mm	
		3000- 5000	"	"	< 3.0	> 60	-	"			
		5000- 15000	"	"	< 2.5	> 70	-	"			
	Asfaltgrusbetong (Agb)	> 15.000	1	"	< 0.40	< 2.0	> 80	-	"	Grensekurver /22mm	
		< 300	3	< 1.50	-	-	> 20	-	(< 25)		
		300- 1500	"	"	(< 0.65)	-	"	-	"		
	Mykafalt (Ma)	1500- 3000	"	"	< 0.55	< 3.5	"	-	"	Grensekurver /22mm	
		< 300	3	< 1.50	-	-	> 20	-	(< 20)		
		300- 1500	"	< 1.50	(< 0.65)	-	"	-	"		
	Emulsjonsgrus, tett (Egt)	1500- 3000	"	< 1.45	(< 0.55)	< 3.5	> 30	-	"	< 0.5 (NaOH-metoden)	Grensekurver /16mm
		< 300	3	< 1.50	-	-	> 20	-	(< 20)		
		300- 1500	"	< 1.45	(< 0.65)	-	"	-	"		
Emulsjonsgrus, drenerende (Egd)	1500- 3000	"	< 1.45	< 0.55	< 3.5	"	-	"	Grensekurver /22mm		
	< 300	3	< 1.50	-	-	> 50	-	(< 20)			
	300- 1500	"	< 1.45	(< 0.65)	-	"	-	"			
Asfaltskumgrus (Asg)	< 1500	3	< 1.50	-	-	"	-	"	Grensekurver /16mm		
	< 300	3	< 1.50	-	-	> 50	-	(< 20)			
Oljegrus (Og)	300- 1500	"	< 1.45	< 0.55	< 3.5	"	-	"	Grensekurver /16mm		
	< 300	3	< 1.50	-	-	"	-	(< 20)			
GRUS-DEKKE		(3)	< 1.50	-	-	-	> 30	(< 20)	< 1%- (Gløde-metoden)	Grensekurver /19mm	

() = Anbefalt verdi, ikke krav

1) = I tillegg kreves : Innhold av magnetkis < 0.5, samt et ikke fastsittende belegg.

- = Krav/anbefalinger foreligger ikke

d max = Største tillatte kornstørrelse

Fig. 7. Grus. Materialkrav i vegdekker (iht Statens Vegvesen håndbok 018).

VOLUMVURDERING

Volumet er en viktig faktor ved mange sand- og grusundersøkelser. Ofte stipuleres volumet som produktet av gjennomsnittlig mektighet (tykkelsen av ressursen ned til fast fjell, grunnvann eller andre løsmasser) og arealet. Andre ganger kreves det detaljerte opplysninger om mektigheten for å beregne volumet. Nøyaktigheten avhenger både av de naturgitte forutsetninger og ambisjonsnivået ved undersøkelsene.

FELTUNDERSØKELSER

Løsmassekartlegging

Kartlegging av løsmassene er en systematisk befarings- og tolkning av løsmasseforholdene fra overflaten. Løsmassene kan deles inn etter deres dannelse, egenskaper og utbredelse. Resultatene tegnes inn og presenteres på løsmasse- eller kvartærkart. Under kartleggingen nyttes det ofte flyfoto montert på et Brett med enkle stereobriller. Dette gir en tredimensjonal terrengmodell som er meget nyttig for å se og tolke typiske terrengformer. Økonomisk kartverk med fem meters koter er også nyttig i felt. Den øverste meteren av løsmassene vurderes dessuten med stikkbor og spade. Snitt, skjæringer og byggegroper gir dessuten nyttig informasjon om lagfølge og mektighet. I mange tilfeller vil resultater fra tidligere undersøkelser forenkle feltarbeidet.

Undersøkelse av løsmassene i åpne snitt og gravde sjakter

For å vurdere volum og kvalitet kreves det opplysninger om løsmassenes mektighet, lagfølge og sammensetning. Snitt i massetak, vegskjæringer, byggegroper og naturlige utglidninger etc. kan gi tilstrekkelig informasjon, men mange ganger må det graves sjakter med gravemaskin eller for hånd. Sjaktene plasseres på steder der det er lett å nå ned til urørt, humusfritt materiale. På grusterrasser plasseres sjaktene gjerne langs utvalgte profil i brattskråninger for å få et best mulig bilde av den vertikale variasjon i kornstørrelses sammensetningen.

Prøvetaking

Vekten av prøvetatt materiale i snitt og sjakter varierer fra 0,5 til 22 kg ved kornfordelingsanalyser (avhengig av toppsiktets lysåpning), 5-15 kg ved sprøhet og flisighetsprøver og 30-80 kg ved betongprøver. For å unngå store prøvemengder siktes ofte materialet i felt.

Seismiske undersøkelser

Seismiske undersøkelser går ut på å måle lyd hastigheten innenfor de enkelte lag i løsavsetninger og berggrunn. Lydbølgene forplanter seg med ulik hastighet i forskjellige jordarter og er sterkt avhengig av vannmetningsgrad. Målingene skjer ved at en gjennom sprengning eller slag initierer lydbølger som forplanter seg gjennom avsetningene. Geofoner utplassert langs en profillinje registrerer når lydbølgen når fram til de enkelte geofonpunkter, og tiden avleses på et instrument (seismograf). Disse tidsavlesningene danner basis for beregning av lyd hastighet som funksjon av dyp, og resultatene fremstilles i seismiske profiler. Opptrer det sjikt med ulik lyd hastighet tegnes disse inn på profilene. Sjiktgrensene definerer gjerne endringer i geologiske forhold (korngradering, vanninnhold, pakningsgrad, porøsitet etc.). I løsmasser er metoden ofte velegnet til å bestemme dyp til grunnvannsnivå og fjell, da disse overgangene vanligvis medfører store sprang i lyd hastighet. Nøyaktigheten avhenger av en rekke faktorer, men grovt sett antas nøyaktigheten i sjiktgrensebestemmelse å være +/- 1 m inntil 10 m's dyp. På dyp over 10 m settes feilmarginen generelt til 10 prosent.

Følgende oversikt viser "normal" variasjon i lyd hastighet innenfor spesielle avsetningstyper:

- sand/grus over grunnvannsnivå		200-800 m/s
- sand/grus under	"	1400-1600 m/s
- morene over	"	700-1500 m/s
- morene under	"	1500-1900 m/s
- leire		1100-1800 m/s

Løsmasseboring med Borros Polhydrill

Borros beltegående borrhigg er en lett og mobil enhet som benyttes under oppfølgende og detaljerte løsmasseundersøkelser. Borrhiggen foretar både sonderende og prøvehentende boringer. Riggeren blir særlig brukt i forbindelse med ressursundersøkelser når det er behov for en sikker vurdering og dokumentasjon av materialsammensetningen innen forekomstene. I praksis har det vist seg at riggerens penetrasjonsevne ved sonderboringer er 40-50 m, og 20-30 m ved de prøvehentende boringene. Særlig verdifull blir boringene dersom de kan kombineres med indirekte undersøkelsesmetoder som seismikk og elektriske målinger.

Boringene foregår både med slag og rotasjon, og det skjer en kontinuerlig spyling med vann (evt. tilsatt stabiliserende kjemikalier). Under sonderboringen benyttes 36 mm 1 m's borstenger med 40 mm krysskjærkrone. Under de prøvehentende boringene benyttes en borkrone på 74 mm. I prøvefangeren kan det tas opp prøver på omlag 1 kg. Vanligvis betjenes borrhiggen av to mann.

Enkel sondering med Pionærbormaskin

Dette er en lett mobil utrustning som kan betjenes av to personer uten særlig opplæring. Sonderingene foregår ved at den skjøtbare borstrengen blir slått ned i grunnen ved hjelp av den bensindrevne Pionær slagboremaskinen. Det benyttes 1 m's borstenger med diameter 25 mm og en kantformet borspiss hvis maksimale diameter er noe større enn hos selve borstrengen. Denne type borer lar seg ikke gjennomføre i stein- og blokkrike avsetninger eller annet hardt pakket materiale. Det kan til denne utrustningen også benyttes en enkel prøvehentende gruskannebor, men prøvemengden er liten og påliteligheten heller dårlig. For hver boremeter er det vanlig at bormannskapet roterer borstrengen manuelt for å "høre" hvilket materiale borspissen befinner seg i. Tolkningen er subjektiv, men på begrensede dyp inntil 10-15 m gir metoden ofte verdifull informasjon, særlig om den suppleres med geofysiske undersøkelser.

NORGES KVARTÆRGEOLOGI OG LØSMASSENE INNDELING

Generelle trekk i Norges kvartærgeologi

Kvartærgeologien omhandler den yngste perioden av Jordens geologiske historie - Kvartærtiden. Perioden er preget av store klimasvingninger med istider og varmere mellomistider. Under istidene var landet mer eller mindre dekket av innlandsbreer som gravde ut og transporterte med seg store mengder løsmateriale. Mye av dette materialet ble fraktet ut i havet og avsatt der. Tyngden av ismassene førte til at jordskorpen ble presset ned. Da isen smeltet vekk hevet landet seg igjen i forhold til havnivået, mest i indre strøk, noe mindre ved kysten. Landhevingen har ført til at store arealer med gammel hav- og fjordbunn i dag ligger over havnivået.

Løsmassene som finnes på land i dag, er for det meste dannet under og etter siste istid. De største forekomstene er knyttet til hevete hav- og fjordområder, dalfører og enkelte videområder i innlandet.

Innholdet på kvartærgeologiske kart

Kartet viser løsmassenes utbredelse og egenskaper. Det gir også opplysninger om dannelsesmåte, overflateformer, innlandsisens bevegelsesretning og avsetningsforhold. Kartet fremstiller forholdene nær markoverflaten. Mektighet og lagfølge er angitt hvor data foreligger. For de sorterte avsetninger som f.eks. breelvavsetninger og elveavsetninger er kornstørrelsene på kartet angitt på grunnlag av en visuell vurdering i felt, og bruk av 1 m's lett bærbar stikkbor. For de usorterte avsetninger (f. eks. morenemateriale) er kornstørrelser ikke vist på kartet, men blokkrik overflate og store enkeltblokker kan være angitt.

Løsmassenes inndeling

Løsmassene er inndelt etter dannelsesmåte og -miljø. Det er således de ulike geologiske prosessene som avspeiles gjennom inndelingen på kartet.

- Morenemateriale er løsmasser avsatt direkte av isbreer. Det danner et mer eller mindre sammenhengende dekke over berggrunnen. Andre løsmassetyper ligger ofte på et underlag av morenemateriale. Morenematerialet består oftest av alle kornstørrelser fra blokk til leir, men mengden av ulike kornstørrelser kan variere. Bergartsfragmenter i materialet er som regel ganske skarpkantet. På og nær markoverflaten er som regel blokk og steinnholdet høyere enn mot dypet. Særlig blokkrike arealer er angitt. Utrast materiale fra mektige moreneavsetninger er svært vanskelig å avgrense fra morenemateriale for øvrig ved vanlig overflatekartlegging.
- Morenemateriale, sammenhengende dekke, stedvis stor mektighet brukes for arealer med få eller ingen fjellblotninger. Berggrunnens småformer trer ikke tydelig fram på grunn av morenemektigheten som vanligvis er fra en halv til noen få meter. Lokalt kan imidlertid mektigheten være langt større.
- Morenemateriale, usammenhengende eller tynt dekke over fjellgrunnen brukes for arealer hvor mektigheten er liten. Berggrunnens småformer trer tydelig fram, og som regel finnes mange små fjellblotninger. I enkelte mindre berggrunnsforskningsområder kan mektigheten være mer enn en halv meter.
- Breelavsetninger er løsmasser avsatt av strømmende smeltevann fra isbreer. De kjennetegnes ved at materialet er lagdelt og sortert etter kornstørrelser. Sand og grus er oftest de dominerende kornstørrelser. Stein og gruskorn er som regel rundet.

Hav- og fjordavsetninger er brukt for løsmasser bunnfelt i havet. På grunn av landhevingen finnes disse avsetningene ofte høyt over dagens havnivå. Silt og leir er oftest de dominerende kornstørrelser. I mange områder har det gått leirskred. Tydelige skredkanter tegnes på kartet, men utraste leirmasser kan være vanskelig å skille fra uforstyrrede hav- og fjordavsetninger ved vanlig overflatekartlegging.

- Elve- og bekkeavsetninger er dannet etter istiden ved at rennende vann har gravd, transportert og avsatt materiale. Disse avsetningene har mange fellestrekk med breelavsetningene, men de er som regel bedre sortert og har ofte bedre rundete korn.

Lave elvesletter omfatter de lave elveslettene og elveleiematerialet i tilknytning til dagens elveløp. De er karakterisert ved lite mektige sand- og grusavsetninger over andre løsmassetyper og generelt høy grunnvannstand (1-2 m under overflaten).

Elvedelta får en dannet der elver munner ut i rolig vann. Eldre elvedelta vil p.g.a. landhevningen bli hevet over havnivået. Har elven hatt stor materialtilgang kan elvedelta være betydelige sand- og grusressurser.

Flomskredvifter dannes der bekker i dalsidene munner ut i flatt terreng. Deres ytre form er meget karakteristisk. Materialet kan variere mye fra litt omlagret morenematerialet avsatt under flomskred til bedre sortert sand, grus og stein. Grusvifter kan i enkelte tilfelle egne seg til høyverdige formål, men i mange vifter er innholdet av organisk materiale skadelig høyt.

- Ur er brukt som en fellesbetegnelse på avsetninger dannet ved steinsprang.
- Skredmateriale er brukt om materiale i bratte dal- eller fjellsider og består av en blanding av nedrast forvittringsmateriale og morenemateriale med innslag av ur og organisk materiale. Mektigheten er ofte liten, men tiltar mot de lavereliggende deler av skråningen. Mektige flomskredvifter foran elver og bekker i dalsider kartlegges ofte som elve- og bekkeavsetninger.
- Torv- og myrdannelser er brukt som fellesbetegnelse på forekomster av torv, dy og gytje med mektighet større enn omlag 0,3 m.
- Fyllmasser er løsmasser tilført av mennesker. Betegnelsen er brukt for steintipper, søppelfyllinger og andre større fyllinger. Bakkeplanering i jordbruksområder er ikke inkludert.

Kornstørrelser

De hovedfraksjoner for kornstørrelser som brukes er følgende:

Blokk (Bl)	større enn 256 mm
Stein (St)	256-64 mm
Grus (G)	64-2 mm
Sand (S)	2-0.063 mm
Silt (Si)	0.063-0.002 mm
Leir (L)	mindre enn 0.002 mm

Ved omtalen av sorterte avsetninger angis hovedfraksjonen i substantivform, f.eks. grusig sand (mest sand, grus utgjør mer enn 10 prosent, andre hovedfraksjoner utgjør mindre enn 10 prosent). I parantes er angitt de ulike fraksjoners standardiserte forkortelse.

LABORATORIEUNDERSØKELSER

Kornfordelingsanalyse
Sprøhet (fallprøven)
Fallprøven (Sprøhet og flisighet)
Bergarts- og mineralkorntelling
Humus- og slambestemmelse
Abrasjon
Slitasjemotstand
Tynnslip
Sievers J-verdi
Slitasjeverdi
Borsynkindeks
Borslitasjeindeks
Prøvestøping

Kornfordelingsanalyse

Kornfordelingsanalysen viser kornstørrelsesfordelingen i prøvene. Metoden blir utført i.h.t. Vegdirektoratets analyseforskrifter og Norsk Standard 427A, del 2. En avpasset mengde skaptørket materiale tørrsiktet i en ferdig oppsatt siktesats med kvadratiske lysåpninger av definerte dimensjoner. Det benyttes ved NGU ordinært en siktesats med følgende lysåpninger: (64) - (32) - 16 - 8 - 4 - 2 - 1 - 0.5 - 0.25 - 0.125 og 0.063 mm. Toppsiktet er vanligvis på 16 mm, men når det er viktig å bestemme korngraderingen for grovere fraksjoner benytter en alternativt toppsikt på 32 eventuelt helt opp til 64 mm. I de sistnevnte tilfelle kreves det at den innsamlede prøvemengden er atskillig større. Etter sikting veies materialet på hvert sikt og vektprosent av totalt materiale i analysen bestemmes. På grunn av materialtekniske egenskaper til finkornig materiale, må kornstørrelsesfordelingen for materiale mindre enn sand (0.063 mm) bestemmes ved slemmeanalyse.

Gjennomgangsprosenten for et sikt er summen av vektprosentene på alle mindre sikt. Resultatene presenteres vanligvis i et kornfordelingsskjema, der gjennomgangsprosent plottes mot den tilhørende lysåpning. Ut fra kornfordelingsanalysen kan en bestemme flere parametre som karakteriserer materialets kurveforløp:

Middelkornstørrelsen:	50 prosent gjennomgang
Sorteringstallet:	Mål for spredning i kornstørrelse

Fallprøven

Sprøhet

Steinmaterialers motstandsdyktighet mot mekaniske påkjenninger kan bestemmes med fallprøven og uttrykkes ved sprøhetstallet. Fraksjonen 8 - 11.2 mm knuses i en morter av

et 14 kg's lodd som faller en høyde på 25 cm 20 ganger. Den prosentvise andelen av prøvematerialet som ved sikting etter knusingen har en kornstørrelse mindre enn prøvefraksjonens nedre korngrense, i dette tilfellet 8,0 mm, kalles steinmaterialets ukorrigerte sprøhetstall (S_0). Denne tallverdien uttrykker ingen eksakt fysisk egenskap, men er avhengig av framgangsmåte, apparatutforming og kornenes gjennomsnittlige form (se Flisighet). Sammen med flisighet og abrasjon er disse størrelsene grunnlaget for bedømmelse av steinmaterialets egnethet til veiformål.

Flisighet

Steinmaterialers gjennomsnittlige kornform kan beskrives med flisighetstallet. Dette defineres som forholdet mellom kornenes midlere bredde og tykkelse. Flisigheten bestemmes parallelt med og på samme utsiktede kornstørrelsesfraksjon som for sprøhetstallet, vanligvis 8,0-11.2 mm. Bredden bestemmes ved sikting på kvadratsikt og tykkelsen på sikt med rektangulære (stavformede) åpninger.

Sprøhet og flisighet

Sprøhetstallet er i stor grad avhengig av materialets kornform. Kornformen hos pukke er først og fremst bestemt av selve knuseprosessen, men også til en viss grad av bergartens struktur og materialtekniske egenskaper. Økende flisighetstall gir økende sprøhetstall. For å sammenligne sprøhetstall bør disse regnes om til en bestemt flisighetsverdi. På grunnlag av erfaringsdata er det utledet en omregningsformel.

Bergarts- og mineralkorntelling

Slike tellinger er viktige for å klarlegge sand- og grusmaterialers bergarts-/mineralkorn-sammensetning, fysiske tilstand, overflateegenskaper samt kornform og rundingsgrad. For å dokumentere egnethet til høyverdige formål er det nødvendig med tellinger. Resultatene kan også gi viktig informasjon om geologiske forhold.

Materiale til tellingene kan splittes ut fra ulike prøver eller samles inn spesielt til dette formålet. Telling utføres vanligvis på utvalgte fraksjoner i grusfraksjonen og i sandfraksjonen. Omlag 100 korn splittes ut og klassifiseres visuelt ett for ett i mikroskop eller for øyet. For sikker identifikasjon er det vanlig å teste gruskorns ripemotstand med stålspatel, anvende saltsyre for å påvise kalkstein, eventuelt magnet for å påvise magnetitt. I sjeldne tilfelle utføres det røntgen, D.T.A. eller kjemiske analyser på pulverpreparater av prøvene.

Bergartskorn (blandkorn) deles inn i grupper som erfaringsmessig påvirker materialets egenskaper til høyverdige formål og som det samtidig er praktisk mulig å identifisere sikkert. Innhold av bløte, mekanisk svake og forvitrede bergartskorn vil forringe materialets kvalitet. Fyllitt, porøs kalkstein, glimmerskifer etc. er alle eksempel på uheldige bergarter. Mineralkorn (frikorn) deles etter samme prinsippet inn i 2-3 grupper. Mineralkorn er vanligvis enklere å identifisere enn bergartskorn og normalt følges denne inndelingen:

- 1 Lyse korn: for det meste feltspat og kvarts, men i en del tilfelle kalkspat, zeolitter etc.
- 2 Mørke korn: vanlige er hornblende, feltspat, pyroksen, granat, ertskorn etc.
- 3 Glimmerkorn: for det meste frikorn av muskovitt og biotitt. Det viser seg at et høyt glimmerinnhold i sandfraksjonen reduserer materialets egnethet som betongtilslag. Overflatebelegg på mineralkorn kan gi dårlig heft både i betong og i bituminøse vegdekker.

Inneholder betongtilslag mer enn 20 % sannsynlig og mulig reaktive bergarter (se fig. 5.) må det foretas supplerende undersøkelser. Iht. kravene fra Norsk Betongforening skal tellingene foretas i flere fraksjoner på slippreparerte prøver.

Humus- og slambestemmelse

Humusinnholdet bestemmes ved natronlutmetoden i.h.t. Norsk Standard 427A, del 2. En viss mengde prøvemateriale mindre enn 4 mm rystes i en natronopløsning med bestemt konsentrasjon. Etter en tids henstand registreres humusinnholdet som en eventuell misfarging av væskesøylen over det bunnfelte materialet og vurderes visuelt etter en oppsatt skala. Slamhøyden registreres også. Metoden må kun betraktes som orienterende. Prøvestøping må til om man med sikkerhet skal avgjøre om eventuelle humussyrer er skadelige for betong. Testen viser kun at prøvene inneholder humussyrer, men sier ikke noe om den skadelige innflytelsen på betong.

Abrasjon

Abrasjonsmetoden måler steinmaterialers abrasive slitestyrke. Den uttrykker materialets motstand mot nedsliting. Metoden er best egnet for materialer med ensartet sammensetning. Metoden skal ikke benyttes for materialer med mer enn 20 prosent svake bergartskorn. Et representativt utvalg med grus- eller pukk-korn fra fraksjonsområdet 11.2-12.5 mm støpes fast på en kvadratisk plate 10x10 cm. Kornene presses mot den roterende skiven. Slitasjen eller abrasjonen defineres som prøvens volumtap uttrykt i kubikkcentimeter.

Det benyttes følgende klassifisering:

Mindre enn 0,35	-	Meget god		
0,35	-	0,45	-	God
0.45	-	0.55	-	Middels
0.55	-	0.65	-	Svak
Større enn 0.65	-	Meget svak		

Slitasjemotstand

For å bestemme steinmaterialers egnethet som tilslag i bituminøse veidekker måles både sprøhetstall, flisighetstall og abrasjonsverdi. Materialets motstand mot piggdekkslitasje,

kalt slitasjemotstanden SA-verdien, uttrykkes som produktet av kvadratroten av sprøhetstallet og abrasjonsverdien. Dette tallet kan ikke fortelle hvor stor slitasjen vil bli målt i millimeter siden det er avhengig av en rekke andre forhold i tillegg, men er i stand til å rangere ulike materialer innbyrdes. Jo lavere tall desto bedre er kvaliteten. Verdiene rangeres slik:

Mindre enn 2.0	-	Meget god
2.0	- 2.5	God
2.5	- 3.5	Middels
3.5	- 4.5	Svak
Større enn 4.5	-	Meget svak

Tynnslip

Tynnslip er betegnelsen på en tynn preparert skive av en bergart som er limt fast til en glassplate. Slipet er utgangspunkt for mikroskopisk bestemmelse av bergarter og mineraler og deres innbyrdes mengdeforhold. Når polarisert lys passerer gjennom det gjennomskinnelige preparatet som vanligvis har en tykkelse på ca. 0.020 mm, vil de ulike mineraler kunne identifiseres i mikroskopet på grunnlag av deres karakteristiske optiske egenskaper.

Mineralfordelingen sammen med den visuelle vurderingen av strukturer ute i terrenget er grunnlaget for bestemmelse av bergartsnavnet. Ved mikroskoperingen kan man også studere indre strukturer, minaralkornenes form og størrelse, omvandlingsfenomener, dannelsesmåte etc. Spesielle strukturer kan f.eks. være mikrostikk, som er små brudd i sammenbindingen mellom mineralene, eller stavformede feltspatkorn som fungerer som en slags armering i en ellers kornet masse (ofittisk struktur). Foliasjon er også et begrep som gjerne knyttes til bergartsbeskrivelser. En foliert bergart er kjennetegnet ved at mineraler danner en foretrukket planparallell akseorientering eller er konsentrert i tynne parallelle bånd eller årer. Dette gir svakhetsplan i bergartens struktur. Mineral-kornstørrelsen er inndelt etter følgende skala:

< 1 mm	/	finkornet
1-5 mm	/	middelskornet
> 5 mm	/	grovkornet

Vanligvis dekker et tynnslip et areal på ca. 5 kvadratcentimeter. Resultatene fra en tynnslipundersøkelse blir derfor sjelden helt representativ for bergarten.

Sievers J-verdi

En bergarts Sievers J-verdi er et uttrykk for bergartens motstand mot riping med hardmetallverktøy. Et tilsaget prøvestykke av bergarten utsettes for et roterende hardmetallbor under bestemte betingelser, og Sievers J-verdien defineres som hulldybden

målt i mm. Metoden er utviklet for bruk i generell vurdering av bergarters borbarhet.

Slitasjeverdi

En bergarts slitasjeverdi er et mål for dens evne til å slite hardmetallet på borskjær. Slitasjeverdien fremkommer som vektøstet i mg for et prøvestykke av hardmetall, som utsettes for en slitasjepåkjenning fra bergarten i pulverform i en bestemt apparatur.

Borsynkindeks (DRI)

På grunnlag av sprøhetstall og Sievers J-verdi kan man beregne forventet borsynk i den undersøkte bergart. En høy verdi av DRI indikerer at bergarten er lett å bore i, mens lav borsynkindeks tyder på det motsatte. For lett slagboreutstyr er det påvist at borsynken kan settes tilnærmet lik $0.6 \cdot \text{DRI}$ (cm/min).

Borslitasjeindeks (BWI)

Forventet slitasje på en slagborkrone (meiselskjær) kan beregnes på grunnlag av Slitasjeverdi og Borsynkindeks (DRI). Høy verdi av BWI antyder stor slitasje, og omvendt. Sammenhengen mellom BWI og målt slitasje (som sum av front- og sideslitasje) er logaritmisk.

Prøvestøping

Prøvestøping er nødvendig når det forlanges en sikker kvalitetsvurdering av tilslagsmaterialer til betongformål. Den frivillige ordningen for deklarasjon av tilslag krever at materialet prøves i betong når det inneholder mer en 20% alkalireaktive bergarter (iht tabell i fig. 5). Prøvestøping og etterkontroll av konstruksjoner der det aktuelle tilslaget inngår kan i mange tilfeller både være enkelt og sikkert i forhold til omfattende undersøkelser og tolkning av tilslagets materialtekniske egenskaper.

Mørtelprøving

Betongsand i fraksjonen (0-4 mm) har avgjørende innflytelse på betongens bruks-egenskaper i fersk tilstand og indirekte på egenskaper i herdet tilstand. Prøving i mørtel er godt egnet for kvalitetsvurdering av betongsand og har særlig stor verdi for rangering og valg mellom flere aktuelle tilslag. Det kreves små prøvemengder, og analysen er relativt billig. Metoden er todelt. I fersk mørtel bestemmes vannbehovsindeksen og i herdet mørtel bestemmes romvekt og trykkfasthet.

Betongsand (800 g) støpes ut i en standard mørtelblanding (volumforhold sement/tilslag på 1:5). Det tilsettes vann for å oppnå en bestemt konsistens (2 cm synkmål med liten konus). Vannbehovet beregnes ut fra tilsatt vannmengde og gir uttrykk for tilslagets innvirkning på egenskapene til den ferske mørtel. Størst betydning har tilslagets korngradering, men mineralogi, kornform, overflate-ruhet og eventuelle belegg øver også

en viss innflytelse. Benyttes det en standard gradering kan korngraderingens innflytelse elimineres.

For å kunne vurdere tilslagets innflytelse på egenskapene i herdet mørtel må kvaliteten på sementlimet (sementpastaen) holdes fast. Derfor holdes forholdet mellom vekten på vann og sement (v/c-forholdet) på 0.5. Den ferske blandingen fra vannbehovsundersøkelsen benyttes videre. Det tilsettes sement, vann og sand til $v/c = 0.5$ og volumforholdet sement/tilslag er 1:3. Det støpes ut terninger som trykkprøves etter 7 og 28 døgn. Trykkfastheten oppgis i MegaPascal (10^6 N/m^2). Romvekten på herdet mørtel bestemmes også. Dette gir grunnlag for å beregne relativ lagringstetthet. For godkjenning av mulige alkalireaktive tilslag krever Den Norske betongforening at materialet prøvestøpes i henhold til den Sør-Afrikanske mørtelprismemetoden (NBRI). I et aksellerert forsøk eksponeres prismene i et sterkt aggressivt miljø. Tilslaget godkjennes dersom volum-ekspansjonen ikke overstiger 0.1 %.

Betongprøving

Tilslaget må prøvestøpes i betong både når det settes store krav til dokumentasjon av kvalitet, eller når det kreves målrettet tilpassing av blanderesepser. Det viser seg at de ulike delmaterialer i en betong ikke fullt ut kan verdsettes uavhengig av hverandre. Riktig sammensetning og proporsjonering av forholdet mellom fint og grovt tilslag kan utjevne forskjeller i mørtelkvalitet. Et eksempel på dette er "spranggradert" materiale som først kommer til sin rett under betongprøving. Mørtelfastheter alene må derfor ikke tillegges for stor vekt når betong skal vurderes. Betongprøving krever større prøvemengder og bedre laboratorieutrustning. Vanligvis prøves sanden (0-8 mm) i ordinær konstruksjonsbetong (fasthetsklasse C 25) sammen med et standard grovt tilslag (8-25 mm). Når det tilsiktes høyfast betong (C80-C100) vil tilslaget også få større betydning for fastheten. I slike tilfelle må både den grove og den fine delen av tilslaget prøvestøpes. Betong prøvestøpes vanligvis med et gitt v/c-forhold og en gitt sementmengde avhengig av tilsiktet betongkvalitet. I den ferske blandingen bestemmes bearbeidbarhet/støpelighet. Deretter støpes det ut terninger som trykkprøves etter 7 og 28 døgn. Betongens romdensitet og luftporeinnhold bestemmes også. I betong øver en rekke faktorer innflytelse på betongegenskapene. Det kan derfor være vanskelig å vurdere enkeltresultater mot hverandre.

Gardermoen

Sand- og grusundersøkelser Dokumentasjonskart

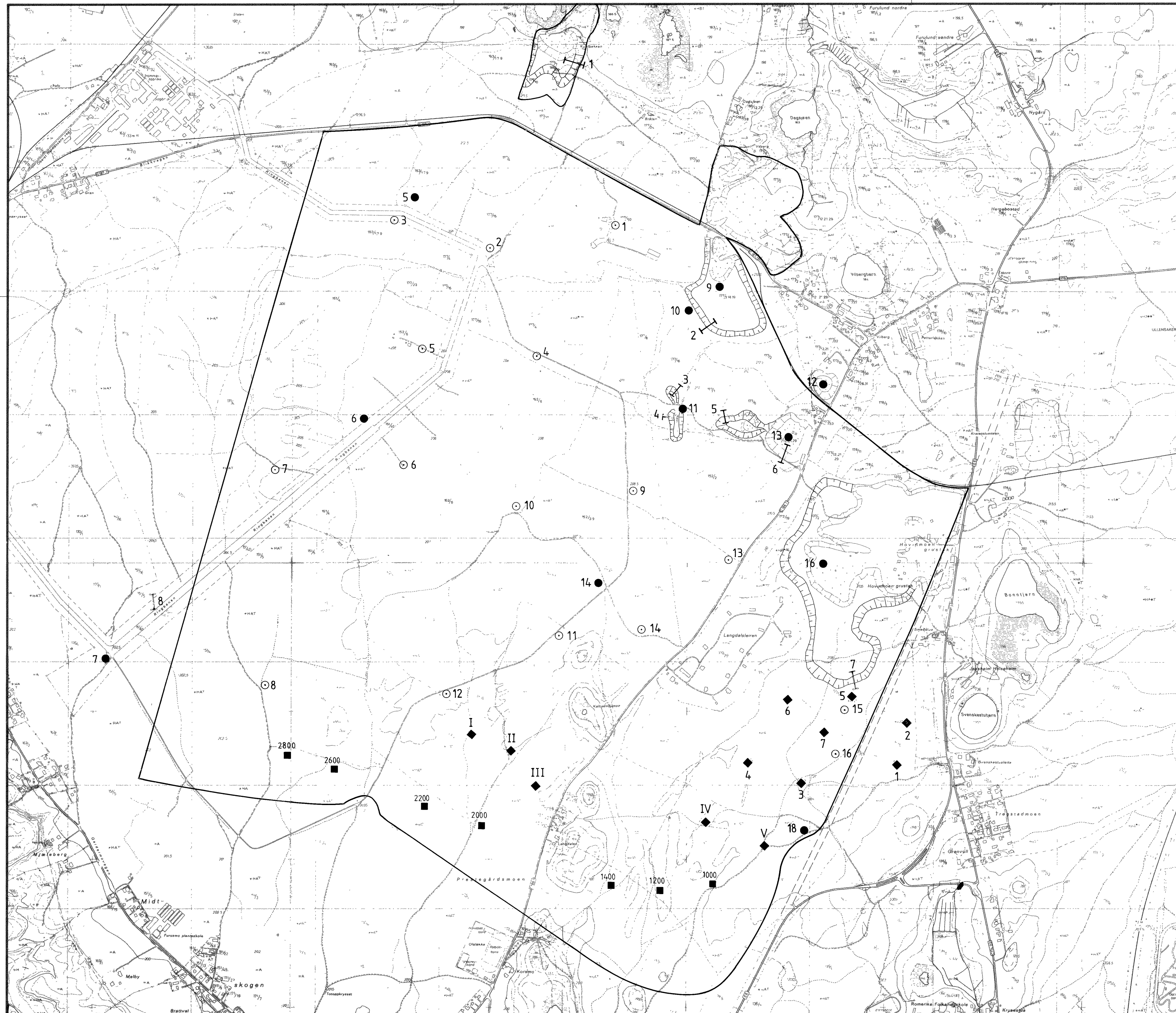
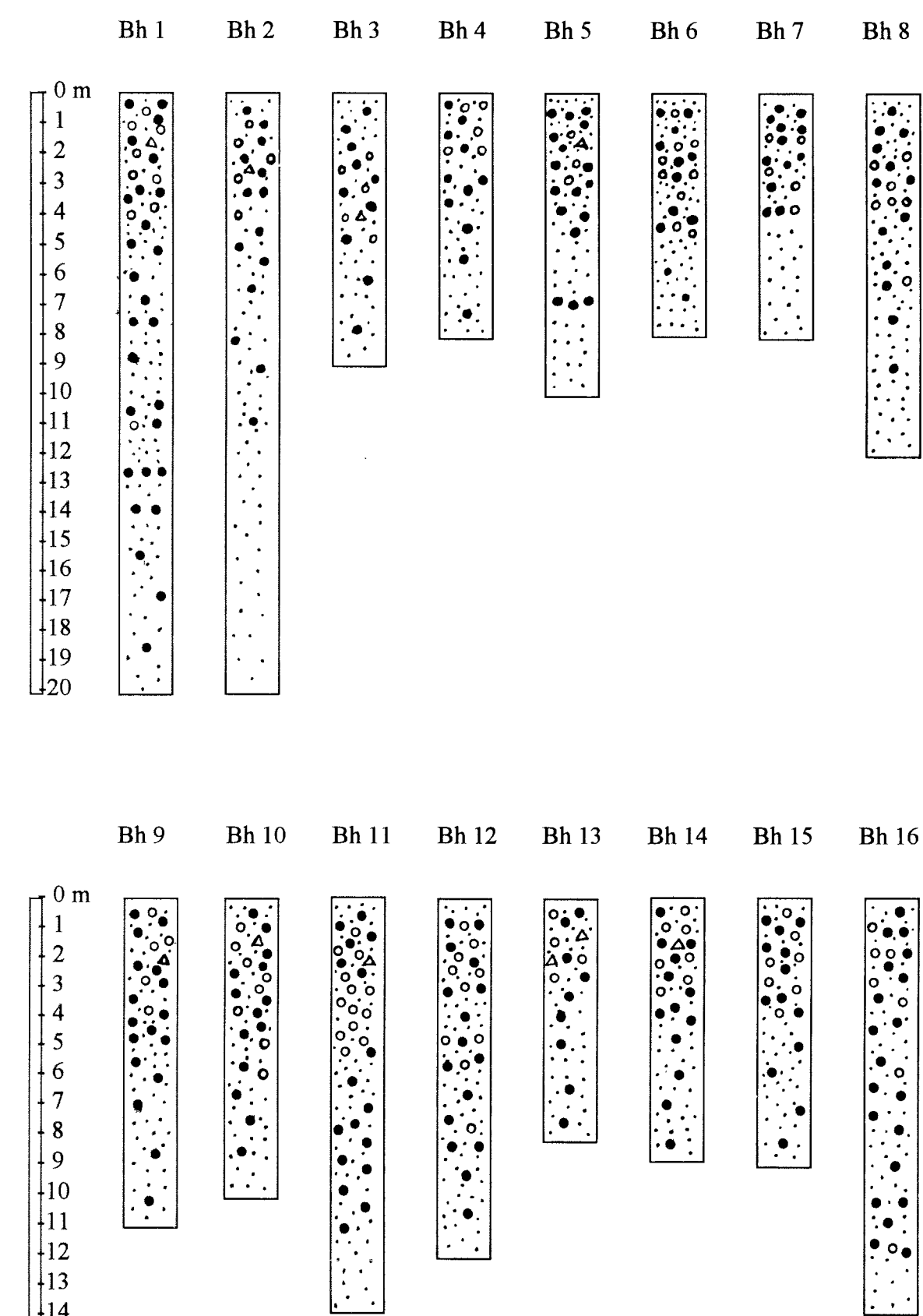
Tegnforklaring

- ⊙ Borpunkt, NGU 1995 m/ref.nr.
Beskrivne snitt m/ref.nr.
- Tidligere undersøkelser av NGU m/ ref.nr.
- ◆ Prøvegroper KOLO m/ref.nr.
- Undersøkelser, Statens vegvesen

Kornstørrelser

- △△ Blokk (> 256 mm)
- Stein (256-64 mm)
- ⋯ Grus (64-2 mm)
- ⋯ Sand (2-0.063 mm)
- ▬ Silt (0.063-0.002 mm)
- ~ Leir (< 0.002 mm)

Borhullsbeskrivelser

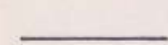
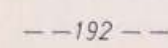
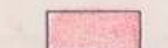
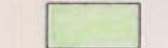
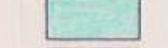
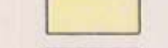
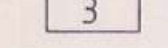



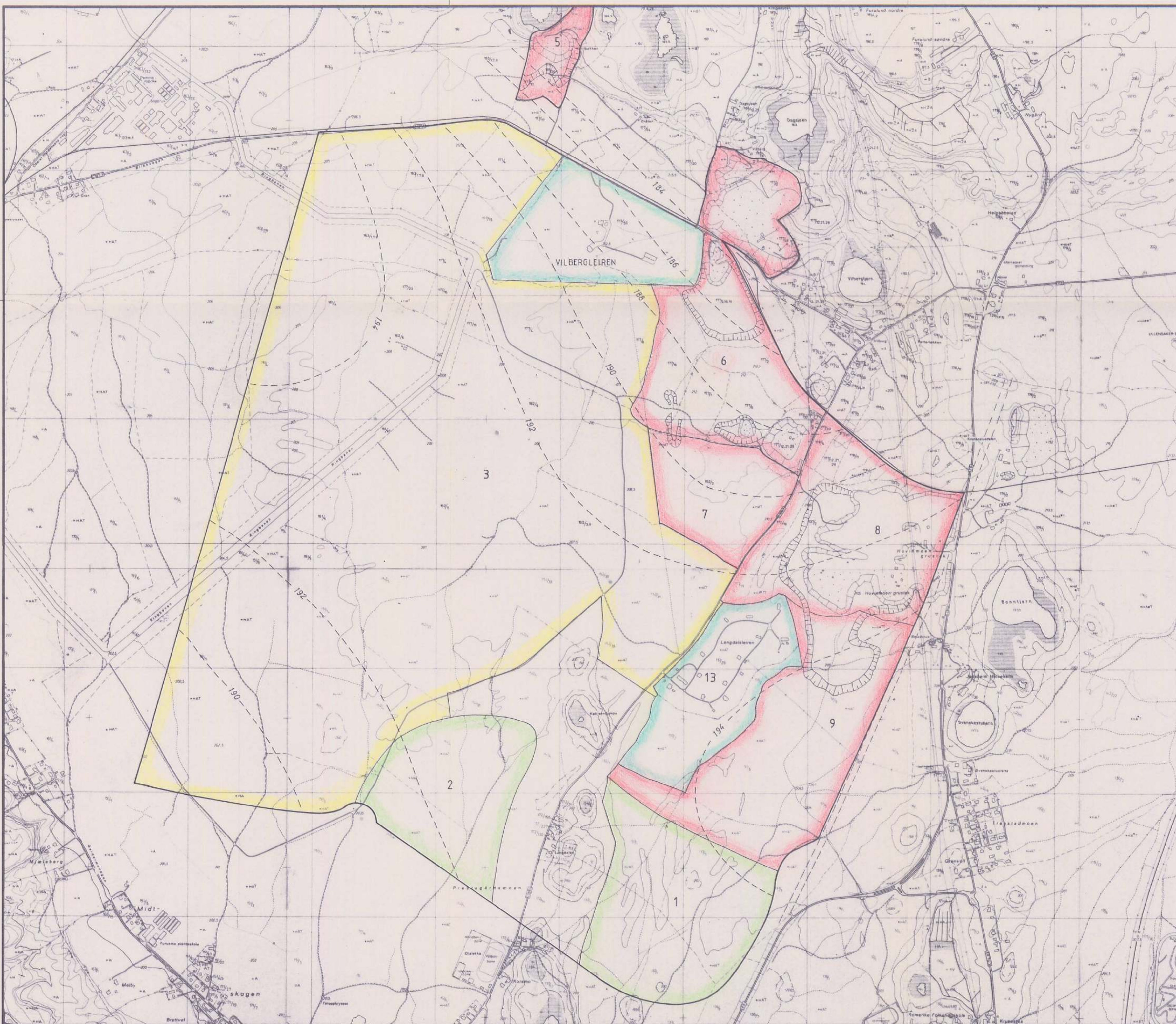
NGU SAND- OG GRUSUNDERSØKELSER DOKUMENTASJONSKART GARDERMOEN, ULLENSAKER KOMMUNE	MÅLESTOKK	MÅLT KW	1995
	1:10000	TEGN	1996
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC	KFR KW	1996
	TEGNING NR. 96.027.01	KARTBLAD NR.	

Gardermoen

Sand- og grusundersøkelser Volumberegnete delområder

Tegnforklaring

-  Avgrensning av undersøkelsesområdet
-  Kote for høyeste grunnvannstand i m oh.
-  Områder for råstoffutvinning
-  Planlagt næringsvirksomhet
-  Forsvarets områder
-  Gardermoen næringspark
-  Nr. på delområder
-  Massetak (ikke oppmålt, men inntegnet etter skjønn)



NGU SAND- OG GRUSUNDERSØKELSER VOLUMBEREGNENDE DELOMRÅDER GARDERMOEN, ULLENSAKER KOMMUNE	MÅLESTOKK	MÅLT KW	1995
	1:10 000	TEGN	
		TRAC	1996
		KFR	KW
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	96027.02		